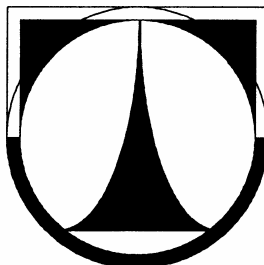


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra vozidel a motorů



**OSOBNÍ AUTOMOBIL S MOTOREM
NA ZKAPALNĚNÝ ZEMNÍ PLYN**

CAR WITH LIQUEFIED NATURAL GAS ENGINE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

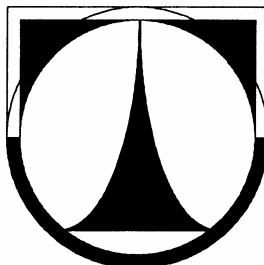
Jan Řehák

Květen 2007

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra vozidel a motorů



Obor 2302T010

Konstrukce strojů a zařízení

Zaměření

Kolové dopravní a manipulační stroje

OSOBNÍ AUTOMOBIL S MOTOREM

NA ZKAPALNĚNÝ ZEMNÍ PLYN

CAR WITH LIQUEFIED NATURAL GAS ENGINE

Diplomová práce

KVM – DP – 536

Jan Řehák

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Josef Laurin, CSc.

Konzultant diplomové práce:

Ing. Pavel Mátl, Chart Ferox, a.s.

Počet stran : 49

Počet obrázků : 46

Počet příloh : 5

Počet výkresů : 10

Květen 2007

ANOTACE

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra vozidel a motorů

Studijní program: M2301 Strojní inženýrství
Autor práce: Jan Řehák
Téma práce: Osobní automobil s motorem na zkapalněný zemní plyn
Číslo DP: KVM – DP – 536
Vedoucí DP: doc. Ing. Josef Laurin, CSc.
Konzultant: Ing. Pavel Mátl, Chart Ferox, a.s

Anotace:

Cílem diplomové práce je zpracovat projekt přestavby osobního automobilu Škoda na pohon LNG. Práce je zaměřena především na návrh plynové palivové instalace a to včetně zástavby kryogenní nádrže a dále potřebné úpravy motoru. V závěru diplomové práce jsou stanoveny očekávané provozní parametry automobilu s tímto pohonem.

Klíčová slova: kapalný zemní plyn, LNG, kryogenní nádrž, alternativní palivo, Škoda Octavia.

Annotation:

An objective of my diploma thesis is to compile a conversion project of a car SKODA to LNG fuel. Effort is focused above all on design of a gas fuel system installation include mounting of a cryogenic tank and also on needed modifications of the engine. In the end of diploma thesis are determined expected functional car parameters with this fuel system.

Key words: liquid natural gas, LNG, cryogenic tank, alternative fuel, Skoda Octavia.

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce.

V Liberci dne 25. 5. 2007

Podpis:

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval především svým rodičům a celé rodině za jejich podporu během mého studia. Dále chci poděkovat doc. Ing. Josefu Laurinovi, CSc. za jeho čas, ochotu a odbornou pomoc při zpracování této diplomové práce. Můj velký dík patří také prof. Ing. Janu Honcům, CSc. za množství cenných rad a připomínek.

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů:	9
1 Úvod	11
2 LNG jako motorové palivo	12
2.1 Vlastnosti LNG	12
2.2 Způsob uskladnění LNG	13
2.3 Škodlivé emise při spalování NG	14
2.4 Stávající vozidla s pohonem LNG	16
2.5 Perspektiva, výhody a nevýhody provozu na LNG	16
3 Podmínky přestavby automobilu na pohon LNG	17
3.1 Výňatek z předpisu EHK 110	17
3.2 Způsoby přestavby na pohon NG	18
4 Osobní automobil Škoda Octavia	20
4.1 Popis automobilu	20
4.2 Technické parametry	20
4.3 Základní rozměry	22
5 Projekt přestavby	22
5.1 Zástavba kryogenní nádrže	22
5.1.1 Parametry kryogenní nádrže	22
5.1.2 Rám k upevnění nádrže	23
5.1.3 Výpočet upevnění rámu k podlaze automobilu	24
5.1.4 Způsob upevnění nádrže na rám	27
5.1.5 Výpočet upevnění nádrže na rámu	28
5.1.6 Zástavba nádrže s rámem do vozidla	31
5.1.7 Pevnostní analýza rámu s nádrží	33
5.2 Plynová palivová instalace	37
5.2.1 Příslušenství LNG nádrže	38
5.2.2 Odpařovač	39
5.2.3 Automatický uzavírací ventil	40
5.2.4 Potrubí pro rozvod LNG a NG	41
5.2.5 Regulátor tlaku	42
5.2.6 Vefukovací ventily	42

5.3	Úpravy motoru.....	43
6	Stanovení očekávaných provozních parametrů vozidla.....	44
6.1	Stanovení spotřeby paliva a dojezdu	46
6.2	Stanovení maximální rychlosti	46
6.3	Stanovení maximální stoupavosti	47
7	Závěr	48
	Seznam použité literatury:	49

Seznam použitých zkratk a symbolů:

Zkratky

NG	Natural Gas – zemní plyn
CNG	Compressed Natural Gas – stlačený zemní plyn
LNG	Liquid Natural Gas – kapalný zemní plyn
EOBD	European On Board Diagnostics – systém automobil. diagnostiky

Symboly

D	[mm]	Průměr kryogenní nádrže
E	[MPa]	Modul pružnosti v tahu pro ocel
E_{PRYŽ}	[MPa]	Modul pružnosti v tahu pro pryž
F	[N]	Zbytková svěrná síla ve šroubovém spoji
F_N	[N]	Síla předpětí ocelového pásu
F_V	[N]	Výsledná síla na nádrž při nárazu
F_X	[N]	Síla na nádrž v podélném směru (ve směru jízdy)
F_Y	[N]	Síla na nádrž v příčném směru (kolmo na směr jízdy)
F_t	[N]	Třecí síla
F',F''	[N]	Síly na jednotlivé šrouby upevňující rám
ΔF	[N]	Snížení sil v sevřených částech
L	[mm]	Délka kryogenní nádrže
M_k	[Nm]	Maximální kroutící moment motoru
M_U	[Nm]	Utahovací moment šroubu
P_{max}	[kW]	Maximální výkon motoru
R_e	[MPa]	Napětí na mezi kluzu materiálu rámu
R_{ep}	[MPa]	Napětí na mezi kluzu materiálu ocelového pásu
R_{eš}	[MPa]	Napětí na mezi kluzu materiálu šroubu
R_m	[MPa]	Napětí na mezi pevnosti materiálu rámu
S	[km]	Dojezd vozidla
S_{sp}	[mm ²]	Styčná plocha mezi nádrží a rámem
S_j	[mm ²]	Výpočtový průřez šroubu
V	[l]	Objem kryogenní nádrže
c_p	[N/mm]	Tuhost podložky
c_s	[N/mm]	Tuhost šroubu

d_2	[mm]	Střední průměr šroubu
d_3	[mm]	Malý průměr šroubu
f_0	[-]	Součinitel smykového tření kov - kov
f_p	[-]	Součinitel smykového tření pryž - kov
g	[m/s ²]	Gravitační zrychlení
k_p	[-]	Koeficient bezpečnosti ocelového pásu
k_ξ	[-]	Koeficient bezpečnosti šroubového spoje
l	[mm]	Rozvinutá délka ocelového pásu
Δl	[mm]	Prodloužení ocelového pásu
m	[kg]	Celková hmotnost vozidla
m_1	[kg]	Hmotnost prázdné kryogenní nádrže
m_2	[kg]	Hmotnost plné kryogenní nádrže
p_p	[MPa]	Tlak působící na nádrž od ocelových pásků
p_{sp}	[MPa]	Tlak působící na nádrž od styčné plochy s rámem
s	[mm]	Stoupání závitu
s_{max}	[%]	Maximální stoupavost vozidla
v_{max}	[km/h]	Maximální rychlost vozidla
α_1	[°]	Polovina vrcholového úhlu závitu
γ	[°]	Úhel stoupání závitu
ε	[-]	Poměrné prodloužení ocelového pásu
$\mu_{PRYŽ}$	[-]	Poissonovo číslo pro pryž
$\rho_{PRYŽ}$	[kg/m ³]	Hustota pryže
σ_p	[MPa]	Napětí v ocelovém pásu
σ_ξ	[MPa]	Napětí ve šroubech
φ'	[°]	Třecí úhel

1 Úvod

V dnešní době je již téma hledání alternativních paliv pro pístové spalovací motory naprosto aktuální. Období tzv. „poropného věku“, jak je také nazýváno období, kdy budou zásoby ropy vyčerpány, se rychle blíží a je nezbytné zvolit alternativní palivo, které bude schopno nahradit ropu v dopravě. V současnosti zažívá silniční doprava veliký rozvoj a také spotřeba ropy se neustále zvyšuje. Denní objemy těžby ropy po celém světě jsou již tak obrovské, že pojmy jako drancování planety jsou celkem na místě. Nyní si asi jen stěží dovedeme představit, jak obrovský kolaps by nastal, kdyby lidstvo náhle zůstalo bez ropy. Nejvíce by tímto byla bezesporu postižena doprava.

Proto je velice důležité již nyní začít přecházet na alternativní paliva, aby funkčnost celosvětové dopravy nebyla ohrožena a zároveň byla zachována možnost využít zbytkové zásoby ropy v jiných odvětvích lidského života jako např. výroba plastů, asfaltu, olejů, léků atd. Doprava spotřebovává největší část vytěžené ropy a je proto logické hledat alternativy právě zde. Nejlepší variantou je dle mého názoru při současné úrovni technologií pohon zemním plynem. Delší životnost zásob zemního plynu oproti ropě a rovnoměrnější rozložení jeho nalezišť ve světě je velmi významnou skutečností pro budoucí rozvoj využití tohoto paliva v dopravě. Zemní plyn může být skladován buď stlačený, nebo zkapalněný, přičemž kapalná podoba má obrovskou výhodu v tom, že při stejném množství zabírá nesrovnatelně menší objem, což je dobře využitelné při skladování zemního plynu na palubě automobilu.

Tato diplomová práce se zabývá projektem přestavby osobního automobilu s benzínovým motorem na pohon zemním plynem. Vzhledem ke způsobu skladování zemního plynu na palubě automobilu se jedná o kapalný zemní plyn. Projekt je dle zadání diplomové práce zpracován na osobním automobilu tuzemského výrobce ŠKODA AUTO a.s. Konkrétně se jedná o jeho velmi úspěšný model Octavia druhé generace. Diplomová práce řeší především umístění kryogenní nádrže v automobilu a její uchycení vyhovující bezpečnostním předpisům. Dále se zabývá potřebným plynovým palivovým příslušenstvím a nezbytnými úpravami benzínového motoru. Celý projekt je zamýšlen tak, že se jedná o výchozí provedení automobilu na LNG přímo od výrobce, nikoli jako dodatečná přestavba na pohon LNG.

2 LNG jako motorové palivo

2.1 Vlastnosti LNG

Zemní plyn má velký potenciál pro využití jako motorové palivo. Je levný, má vysoké oktanové číslo, jedná se o čisté palivo, které nemá problémy se současnými i budoucími emisními limity. Zemní plyn lze využívat jednak ve formě stlačeného plynu-CNG (tlak 20 MPa), tak ve zkapalněné formě-LNG (při teplotě $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$). [10]

Zkapalněný zemní plyn je 90–100 % metan (se zbytky etanu, propanu, vyšších uhlovodíků, dusíku ...), který je zchlazen na $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$ při atmosférickém tlaku. Je to studená, namodralá, průzračná kapalina bez zápachu, nekorozivní, netoxická, s malou viskozitou.

- LNG zaujímá cca 600x menší objem než CNG,
- hustota LNG je 0,4 – 0,42 kg/l,
- 1 kg LNG má výhřevnost 54,8 MJ, 1 litr LNG 22,2 MJ,
- zápalná teplota LNG je $540\text{ }^{\circ}\text{C}$. [11]

Tabulka 1. Fyzikální vlastnosti zkapalněného metanu [1]

Parametr	Jednotka	Hodnota
Měrná hmotnost při bodu varu	kg/m^3	415
Teplota bodu varu při 101,3 kPa	$^{\circ}\text{C}$	- 161,4
Teplota bodu tuhnutí	$^{\circ}\text{C}$	- 182,5
Výhřevnost stechiometrické směsi	MJ/kg	49,9
Plynová konstanta	J/kg.K	518,8
Stechiometrické množství vzduchu	kg/kg	17,2
Zápalná teplota stechiometrické palivové směsi	$^{\circ}\text{C}$	520
Rozmezí zápalnosti paliv. směsi - lambda	-	0,7 až 1,9
Oktanové číslo – výzkumná metoda	-	130

Před zkapalněním musí být z NG odstraněny nežádoucí příměsi tak, aby jejich maximální množství nepřekračovalo hodnoty uvedené v tabulce 2.

Tabulka 2. Příпустné množství nečistot v NG [1]

Příměsi	Jednotka	Množství
Voda	ppm obj.	1
Oxid uhličitý	ppm obj.	1000
Sloučeniny síry	mg/Nm ³	30
Rtuť	mg/Nm ³	10
Aromat. uhlovodíky	ppm obj.	10

2.2 Způsob uskladnění LNG

LNG je skladován v kryogenních nádržích (viz obr. 1), což jsou speciální nádoby určené ke skladování látek za velmi nízkých teplot. Tvoří je vnitřní a vnější plášť. Oba jsou ve většině případů vyrobeny z antikoroční oceli. Ve výjimečných případech může být vnější plášť vyroben z obyčejné konstrukční oceli. V prostoru mezi nádobami je vakuum. Navíc je vnitřní nádoba obalena izolačním materiálem. Ten je tvořen vrstvami tenké hliníkové folie, které jsou prokládány skelným papírem. Pro nádrže na LNG se používá přibližně 30 vrstev, což odpovídá asi 25 mm tloušťky izolace. Kombinace tohoto izolačního materiálu a vakua se nazývá superizolace (viz obr. 2).

Nejdůležitějším parametrem kryogenní nádoby je tzv. „doba zádrže“ (Hold Time), což je doba, po kterou je schopna nádrž zadržet skladovanou látku než dojde z důvodu odparu v nádrži kvůli nedokonalé izolaci k takovému zvýšení tlaku, že musí být z bezpečnostních důvodů část plynu odvětrána. Tento parametr je závislý na velikosti nádrže a také na aktuálním stavu hladiny v nádrži.

Kryogenní nádrže musí být vybaveny příslušenstvím, které je schopno plnit následující základní funkce:

- dodávku plynného NG do palivového příslušenství motoru o min. přetlaku, např. 0,2 MPa,
- přetlak v nádrži nesmí překročit maximální přípustnou hodnotu, např. 0,8 MPa,
- v případě vzrůstu přetlaku v nádrži na max. přípustnou hodnotu musí být část plynného NG z nádrže odvedena buď do motoru, nebo vhodně zlikvidována, např. oxidací v katalytickém reaktoru,

- doba zadrže musí být dostatečně dlouhá, aby vyhovovala časovému využití vozidla,
- bezproblémové a dostatečně rychlé plnění nádrží LNG.

Uvedené funkce zajistí palivové příslušenství, tj. výměník (odpařovač), tlakové spínače, tlakové regulátory a elektromagnetické ventily. [1]



Obr. 1 Kryogenní nádrž na LNG [11]



Obr. 2 Řez kryogenní nádrží [14]

2.3 Škodlivé emise při spalování NG

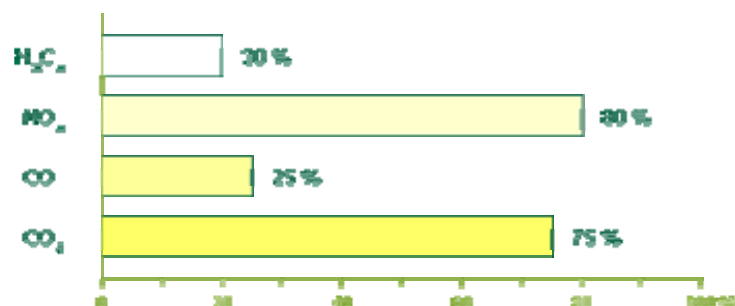
Vozidla na NG produkují výrazně méně škodlivin než vozidla s klasickým pohonem. A to nejen dnes sledovaných škodlivin – oxidů dusíku, oxidu uhelnatého, uhlíčitého, pevných částic, ale také karcinogenních látek – polyaromatických uhlovodíků, aldehydů a aromátů včetně benzenu. Rovněž vliv na skleníkový efekt je u vozidel na NG menší v porovnání s benzinem či naftou. Oproti benzínu nabízí NG potenciál 20–25 % snížení emisí CO_2 .

Ve srovnání s naftovými motory ukázaly zkušenosti z praktického použití vozidel na NG, že se provoz těchto vozidel z hlediska životního prostředí vyznačuje především následujícími výhodami:

- výrazné snížení emisí pevných částic (PM – Particulate Matters), které jsou u naftových motorů považovány z důvodu mutagenních a karcinogenních účinků za nejzávažnější,
- kouřivost vznětových motorů je u plynových pohonů prakticky eliminována,
- snížení dalších dnes sledovaných složek emisí – oxidů dusíku NO_x a emisí oxidu uhelnatého CO,
- snížení emisí oxidu uhlíčitého (skleníkového plynu) cca o 10–15 %,
- snížení tvorby ozónu v atmosféře nad zemí, který způsobuje tzv. „letní smog“,
- výfukové plyny z motorů na NG neobsahují oxid siřičitý (SO_2),

- do NG se nepřidávají aditiva a karcinogenní přísady,
- plynové motory mají tišší chod, úroveň hluku plynových autobusů oproti naftovým je díky „měkčímu“ spalování nižší o 50 % vně vozidel, o 60 – 70 % uvnitř vozidel,
- nemožnost kontaminace půdy v důsledku úniku nafty na silnici, v garáži.

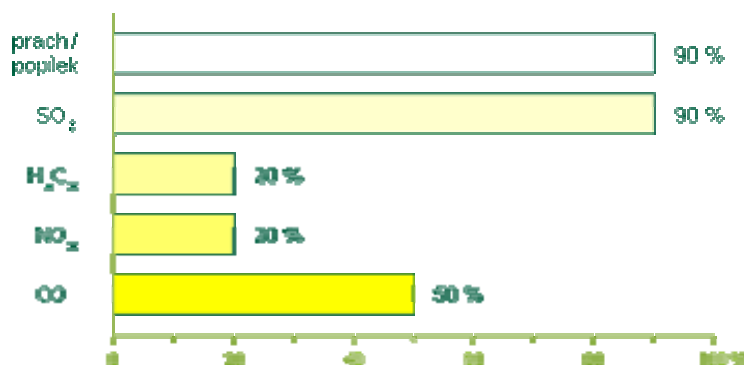
[11]



Snížení emisí – zemní plyn / benzín

- Nespálené uhlovodíky (HC) o 80 % méně nespálených uhlovodíků
- Oxidy dusíku (NO_x) o 20 % méně oxidů dusíku
- Oxid uhelnatý (CO) o 75 % méně oxidu uhelnatého
- Oxid uhlíčitý (CO_2) o 25 % méně oxidu uhlíčitého

Obr. 3 Snížení škodlivých emisí (g/km) při spalování NG oproti benzínu (100 %) [11]



Snížení emisí – zemní plyn / nafta

- Částice (prach/popílek) úplná eliminace
- Oxid siřičitý (SO_2) úplná eliminace
- Nespálené uhlovodíky (HC) o 80 % méně nespálených uhlovodíků
- Oxidy dusíku (NO_x) o 80 % méně oxidů dusíku
- Oxid uhelnatý (CO) o 50 % méně oxidu uhelnatého

Obr. 4 Snížení škodlivých emisí (g/km) při spalování NG oproti naftě (100 %) [11]

2.4 Stávající vozidla s pohonem LNG

K praktickému využití LNG v dopravě došlo poprvé v 50. letech v SSSR, kde byl plyn z nalezišť u Azovského moře použit k pohonu zemědělských traktorů.

Na LNG dnes ve světě jezdí přibližně několik tisíc vozidel, nejvíce v USA. Nárůst využívání LNG je v nejbližších letech očekáván v Asii (Čína, Korea) a v Evropě (Anglie, Německo, Španělsko).

V současnosti je LNG v praxi nejvíce využíván v Severní Americe – USA, Kanadě pro dálkovou autobusovou a nákladní dopravu (např. společnosti Huston Transit, Roadway ...). Velmi úspěšně je LNG využíván i pro pohon chladírenských aut, kde kapalný plyn slouží nejen jako pohonná látka, ale při odpařování i jako dodavatel chladu. [11]



Obr. 5 LNG nákladní automobil [11]



Obr. 6 LNG plnicí stanice [11]

2.5 Perspektiva, výhody a nevýhody provozu na LNG

Perspektiva LNG

Technologie zemního plynu je již plně vyvinutá a v dlouholeté praxi vyzkoušená. Ve světě dnes jezdí na zemní plyn přibližně 5,4 milionu vozidel ve více než 50 zemích světa. [11]

V převážné většině se však jedná o provoz na CNG. Jak již bylo řečeno v kap. 2.4, zatímco např. v Severní Americe je již LNG v dopravě využíván, v Evropě se zatím jedná jen o několik projektů. Konkrétně v ČR není v současné době provozován žádný prototyp ani funkční vzorek vozidla na LNG. Dle [11] je zde momentálně v provozu 17 veřejných plnicích stanic CNG, avšak v celé ČR neexistuje žádná plnicí stanice LNG.

I přes tento fakt je LNG bezesporu perspektivním palivem a v budoucnu se s ním určitě setkáme i v ČR, protože v sobě zahrnuje výhody CNG a dále je tu navzdory

vyšším nákladům a složitější technologii skladování oproti CNG velká výhoda v podobě uspořené místa na palubě automobilu a nižší hmotnosti nádrží.

Výhody LNG:

- větší dojezd vozidla na LNG oproti CNG (jedna z hlavních nevýhod CNG), na srovnatelnou úroveň s klasickými pohonnými hmotami,
pozn. pro srovnání: - 1,5 litru LNG energeticky odpovídá 1 litru benzínu,
 - 1,7 litru LNG energeticky odpovídá 1 litru nafty,
- vysoce čisté palivo s minimem škodlivých emisí,
- vysoká hustota energie (srovnatelná s ropnými látkami),
- nepříliš hmotná palivová nádrž,
- doba plnění srovnatelná s klasickými palivy,
- bezpečnější provoz (vyšší zápalná teplota LNG oproti benzínu),
- oproti CNG zmenšení objemu palivových nádrží a tím zvětšení úložného prostoru ve vozidle.

[11]

Nevýhody LNG:

- uchovávání za velmi nízkých teplot,
- odpar z nádrže při delší odstávce vozidla,
- složitější a nákladnější technologie v porovnání s CNG,
- jiná technologie plnění vozidel a nová rizika při plnění.

[11]

3 Podmínky přestavby automobilu na pohon LNG

3.1 Výňatek z předpisu EHK 110

- Nádrž musí být pevně namontována ve vozidle a nesmí být umístěna v motorovém prostoru.
- Nádrž musí být montována s vyloučením dotyku kov na kov, s výjimkou připevňovacích bodů nádrže.
- Palivová nádrž nesmí být montována níže než 200 mm nad povrchem vozovky při pohotovostním zatížení vozidla.
- Předesele ustanovení neplatí v případě, že nádrž je dostatečně chráněná zepředu a po stranách a žádná část nádrže není umístěna níže než její ochranný systém.

- Palivová nádrž nebo tlaková láhev musí být tak namontovány, aby mohly absorbovat (bez poškození) následující zrychlení při jejich plném naplnění:

vozidla kategorie M1 a N1:

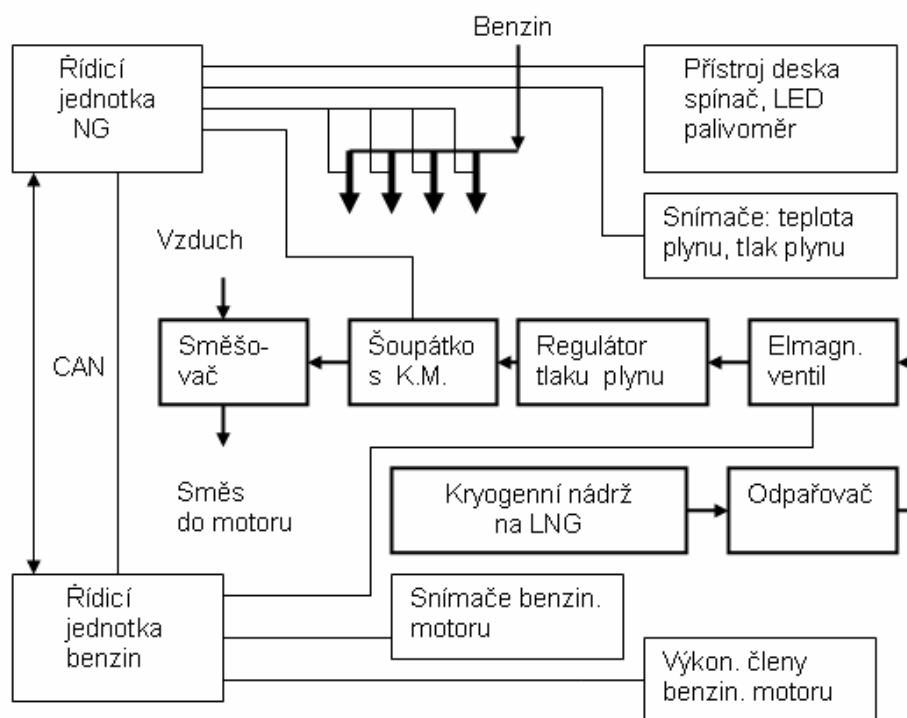
- 20g ve směru jízdy (podélný směr),
- 8g ve směru vodorovně-kolmém na směr jízdy (příčný směr).

[8]

3.2 Způsoby přestavby na pohon NG

Automobilový plynový motor může být vybaven palivovým systémem se směšovačem plynu se vzduchem v sání motoru nebo s vefukováním plynu do sání elektromagnetickými ventily. V případě směšovače se potřebné množství plynu odměřuje pomocí šoupátka s pohonem krokovým motorkem ovládaným další řídicí jednotkou. Systémy se směšovačem v sání motoru (viz obr. 7) jsou pro automobilové motory méně vhodné než s vefukováním plynu do sání motoru. Směšovač v sání totiž způsobuje tlakovou ztrátu nasávaného vzduchu.

[2]



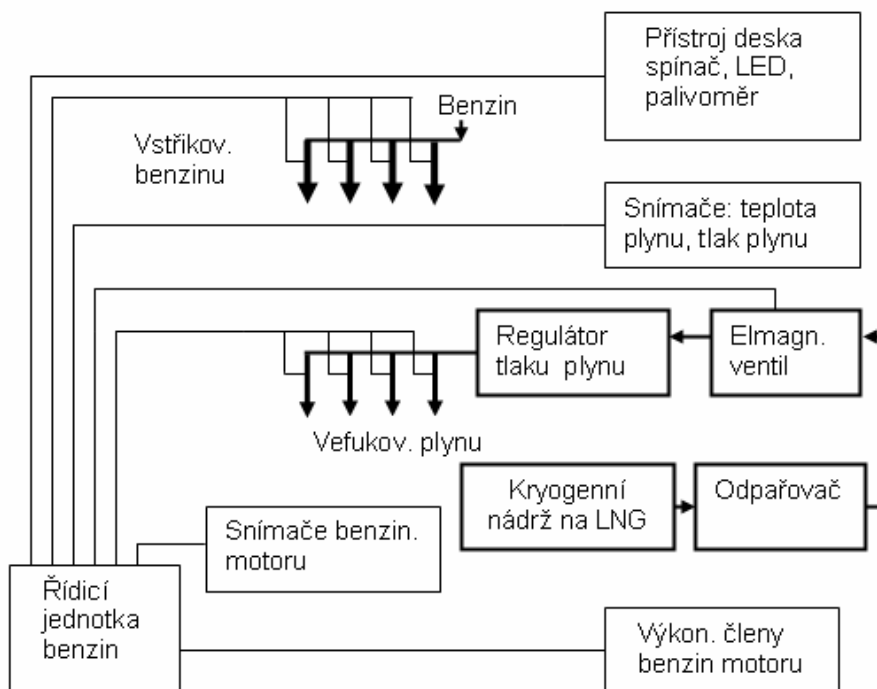
Obr. 7 Schéma uspořádání benzinového motoru se směšovačem v sání dle [2].

Původní schéma provozu na CNG upraveno pro použití LNG.

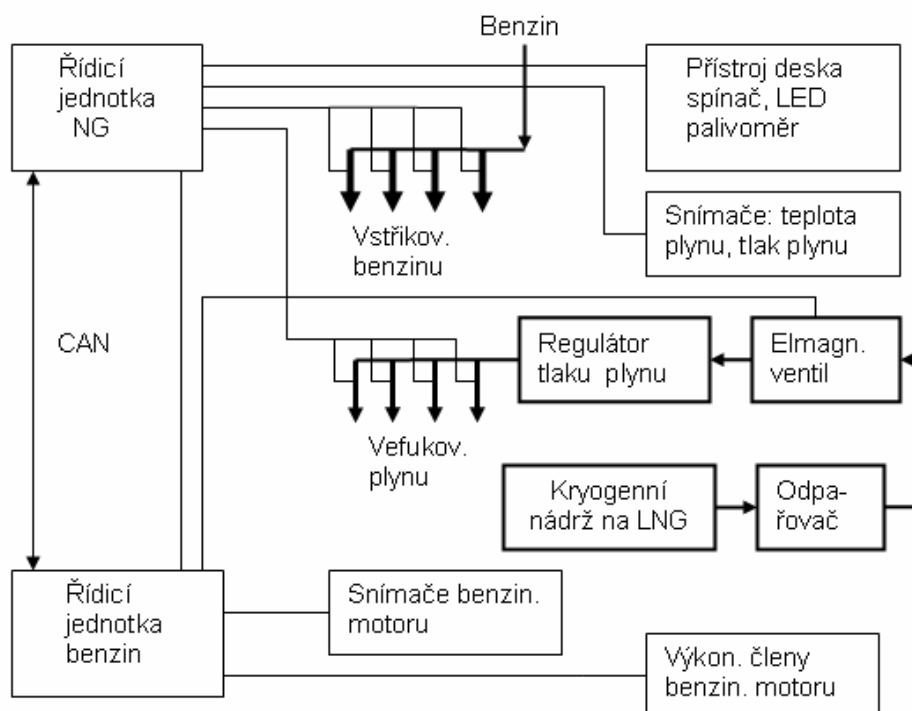
U motorů s EOBD bývá téměř výhradně použit systém s vefukováním plynu elektromagnetickými ventily do sání. Vefukovací ventily mohou být ovládány buď

řídící jednotkou benzinového motoru přizpůsobenou i pro plynové palivové příslušenství (viz obr. 8), nebo další řídící jednotkou pro provoz na plyn (viz obr. 9).

[2]



Obr. 8 Schéma uspořádání benzinového motoru s vefukovacími ventily plynu a jednou řídící jednotkou dle [2]. Původní schéma provozu na CNG upraveno pro použití LNG.



Obr. 9 Schéma uspořádání benzinového motoru s vefuk. ventily plynu a dvěma řídícími jednotkami dle [2]. Původní schéma provozu na CNG upraveno pro použití LNG.

4 Osobní automobil Škoda Octavia

4.1 Popis automobilu

Škoda Octavia druhé generace je osobní automobil nižší střední třídy. Má pětidveřovou samonosnou karoserii. Vyrábí se ve dvou karosářských variantách a to Liftback a Combi. Verze Combi se vyrábí jak klasicky s pohonem předních kol, tak i ve verzi 4x4. Dále se obě karosářské varianty vyrábí i ve sportovním provedení s označením RS. Další nabízenou modifikací je Octavia Scout, která vychází z provedení Combi 4x4, má však zvýšený podvozek a další úpravy pro jízdu po nezpevněném povrchu a v lehkém terénu.



Obr. 10 Škoda Octavia-celkový pohled [13]

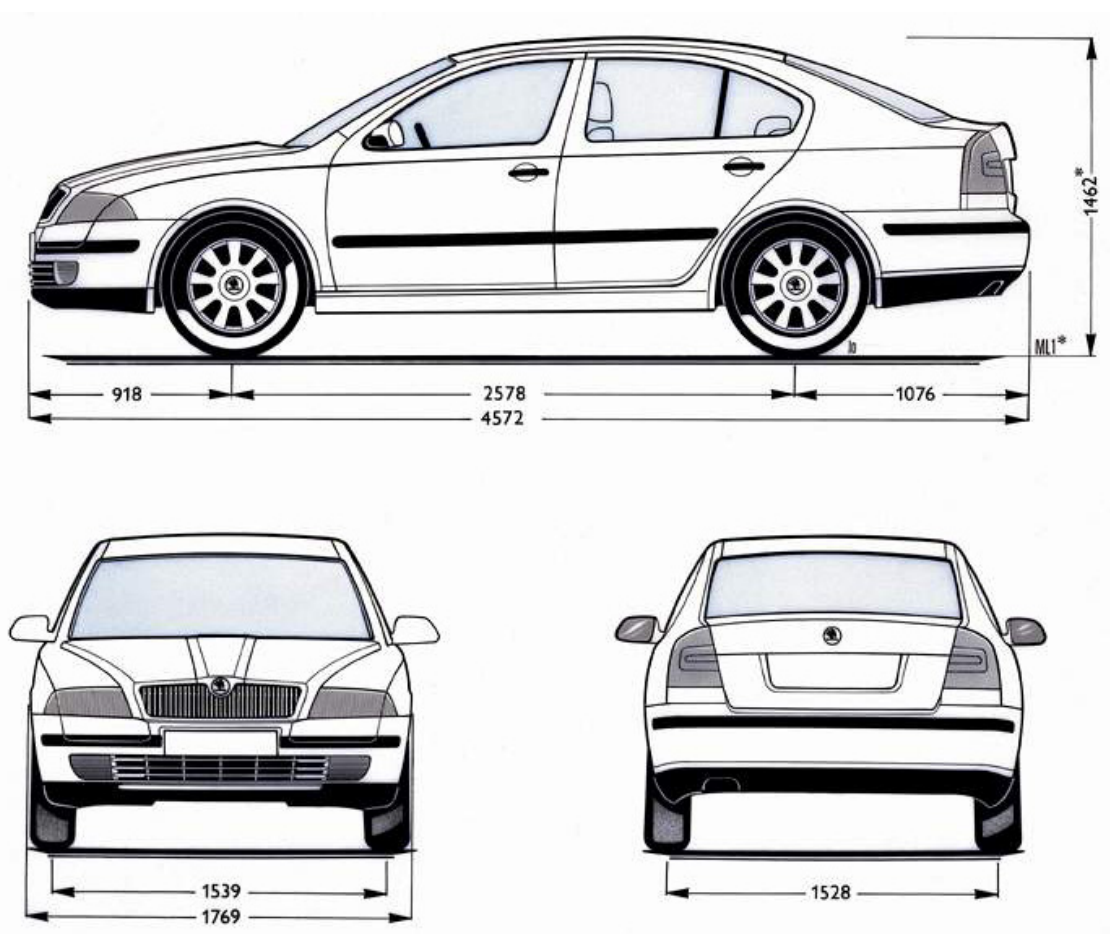
4.2 Technické parametry

Pro přestavbu na pohon LNG jsou nejvhodnější motorizace 1.4 MPI 59 kW nebo 1.6 MPI 75 kW. Z důvodu poklesu výkonu při spalování NG přibližně o 15 % volím pro přestavbu silnější motor, tedy 1.6 MPI 75 kW. Vnější otáčková charakteristika tohoto motoru je uvedena v Příloze 1.

Tabulka 3. Technická data Octavia 1.6 MPI 75 kW [15]

<i>Hmotnosti</i>	<i>Hodnota</i>	<i>Jednotka</i>
Celková hmotnost	1915	[kg]
Provozní hmotnost	1255–1445	[kg]
Užitečné zatížení	660–470	[kg]
<i>Karoserie</i>	<i>Hodnota</i>	<i>Jednotka</i>
pětimístná dvouprostorová, pětidveřová	-	-
Součinitel odporu vzduchu C_w	0,30	-
<i>Náplně</i>	<i>Hodnota</i>	<i>Jednotka</i>
Objem palivové nádrže	55	[l]
<i>Provozní vlastnosti</i>	<i>Hodnota</i>	<i>Jednotka</i>
Emise CO ₂ (kombinované)	173–178	[g/km]
Nejvyšší rychlost	190	[km/h]
Zrychlení z 0 na 100 km/h	12,3	[s]
Spotřeba - městský cyklus	9,7-9,9	[l/100km]
Spotřeba - mimo město	5,7-6,0	[l/100km]
Spotřeba - kombinovaná	7,2-7,4	[l/100km]
<i>Motor</i>	<i>Hodnota</i>	<i>Jednotka</i>
1.6 MPI 75 kW 5-stup. mech. přev., zážehový motor, OHC, uložený vpředu napříč	-	-
Počet válců	4	-
Objem	1595	[cm ³]
Vrtání	81,0	[mm]
Zdvih	77,4	[mm]
Největší výkon při otáčkách/min	75/5600	[kW/min ⁻¹]
Největší točivý moment při ot. /min	148/3800	[Nm/min ⁻¹]
Palivo	Natural 95(91)	-
Kompresní poměr	10,5	-
Exhalační norma	EU 4	-

4.3 Základní rozměry



Obr. 11 Škoda Octavia-základní rozměry [12]

5 Projekt přestavby

5.1 Zástavba kryogenní nádrže

5.1.1 Parametry kryogenní nádrže

Výrobou kryogenních nádrží na LNG pro použití v dopravních prostředcích se ve větší míře dle mého zjištění zabývá pouze firma MVE se sídlem v USA, která v současnosti vystupuje pod názvem NexGen Fueling. Z jejich katalogového listu jsem vybral nádrž, jejíž základní parametry jsou uvedeny v tabulce 4.

Tabulka 4. Základní parametry kryogenní nádrže (viz Příloha 2)

Označení	HLNG 17	
Rozměry	průměr	D = 405 mm
	délka	L = 810 mm
Objem	hrubý	60 l
	čistý	V = 55 l
Hmotnost	prázdná	m ₁ = 45 kg
	plná	m ₂ = 70 kg

- Materiál vnitřní a vnější nádoby..... 304 antikoroziční ocel
- Komponenty palivového vedení..... antikoroziční ocel, mosaz
- Nejvyšší přípustný pracovní tlak..... 230 psi \approx 1,6 MPa
- Rozmezí pracovního tlaku..... 25 – 200 psi \approx 0,2 – 1,4 MPa

5.1.2 Rám k upevnění nádrže

Rám k upevnění kryogenní nádrže (viz obr. 12) jsem navrhl jako svařenec z normalizovaných polotovarů. Zvolil jsem materiál 11 523.1, protože se dle [3] jedná o ocel se zaručenou svařitelností vhodnou pro svařované konstrukce, součásti strojů a automobilů.

Rám bude uložen napříč, těsně za zadními sedadly a bude připevněn k podlaze zavazadlového prostoru pomocí šesti šroubů M10. Jeho tvar jsem navrhl s ohledem na zachování přístupu k rezervnímu kolu umístěnému na dně zavazadlového prostoru.

Veškeré namáhání mezi rámem a podlahou automobilu musí být přeneseno třecí silou, protože použiji nezalícované šrouby a ty nesmí být namáhány na stříh. Tato třecí síla bude vytvořena dostatečně velkým předpětím šroubů.

Styčné plochy mezi nádrží a rámem jsem navrhl poněkud větší, než jsem viděl v praxi, aby při případné nehodě automobilu nedošlo k poškození vnějšího pláště nádrže.



Obr. 12 Model rámu vytvořený v softwaru ProEngineer

Síly působící na nádrž dle EHK 110:

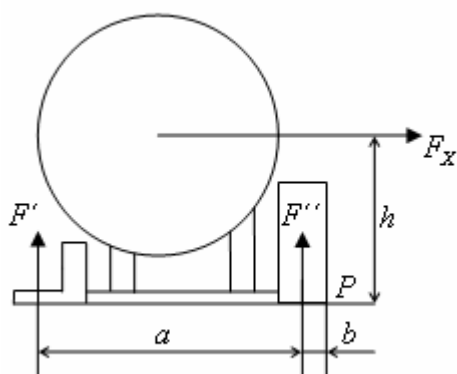
Síla ve směru jízdy:

$$F_x = 20 \cdot m_2 \cdot g = 20 \cdot 70 \cdot 9,81 = 13734 N \quad (1)$$

Síla ve směru vodorovně kolmém na směr jízdy:

$$F_y = 8 \cdot m_2 \cdot g = 8 \cdot 70 \cdot 9,81 = 5494 N \quad (2)$$

5.1.3 Výpočet upevnění rámu k podlaze automobilu



Rozměry:

$$a = 360 mm$$

$$b = 17,5 mm$$

$$h = 230 mm$$

Obr. 13 Schéma působících sil

Momentová rovnice k hraně rámu P:

$$F_x \cdot h = 2 \cdot F' \cdot (a + b) + 4 \cdot F'' \cdot b \quad (3)$$

Z poměru síly/vzdálenosti:
$$\frac{F'}{a+b} = \frac{F''}{b} \quad (4)$$

Dosazení do momentové rovnice a vyjádření sil:

$$F' = \frac{F_x \cdot h}{2 \cdot \left[(a+b) + \left(\frac{2 \cdot b^2}{a+b} \right) \right]} = \frac{13734 \cdot 230}{2 \cdot \left[(360+17,5) + \left(\frac{2 \cdot 17,5^2}{360+17,5} \right) \right]} \cong 4166 N \quad (5)$$

$$F'' = \frac{F_x \cdot h}{2 \cdot \left[\frac{(a+b) \cdot (a+b)}{b} + 2 \cdot b \right]} = \frac{13734 \cdot 230}{2 \cdot \left[\frac{(360+17,5) \cdot (360+17,5)}{17,5} + 2 \cdot 17,5 \right]} \cong 193 N \quad (6)$$

Všechny upevňující šrouby budou stejného průměru, ale více namáhané budou dva šrouby zatížené silami F' , proto budu kontrolovat pouze tyto šrouby.

Předpětí šroubů volím: $F_Q = 28 kN$

Poměr tuhostí podložky a šroubu $\frac{c_p}{c_s}$ uvažuji roven 3.

$$\Delta F_2 = F' \cdot \frac{c_p}{c_s + c_p} = \frac{3}{4} \cdot F' \quad (7)$$

Snížení jednotlivých sil v sevřených částech:

$$\Delta F_2' = \frac{3}{4} \cdot F' = \frac{3}{4} \cdot 4166 \cong 3125 N \quad (8)$$

$$\Delta F_2'' = \frac{3}{4} \cdot F'' = \frac{3}{4} \cdot 193 \cong 145 N \quad (9)$$

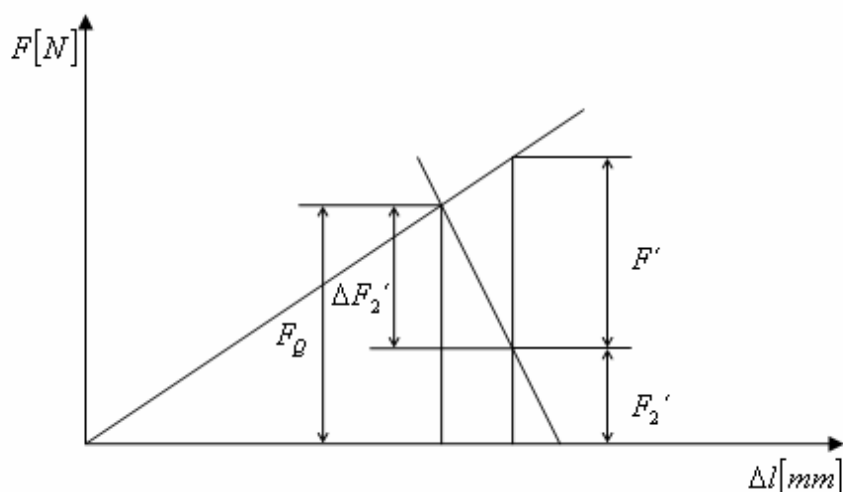
Šrouby volím M10 pevnostní třídy 8.8 \rightarrow mez kluzu $Re_s = 640 MPa$

dle [3] M10 $\rightarrow d_2 = 9,026 \text{ mm}$

$d_3 = 8,160 \text{ mm}$

Výpočtový průřez:

$$S_j = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2 = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{9,026 + 8,160}{2} \right)^2 = 57,99 mm^2 \quad (10)$$



Obr. 14 Diagram předepjatého šroubového spoje

Zbytková svěrná síla ve šroubovém spoji:

$$F_2' = F_Q - \Delta F_2' = 28000 - 3125 = 24875 \text{ N} \quad (11)$$

Napětí ve šroubech:

$$\sigma_s = \frac{F' + F_2'}{S_j} = \frac{4166 + 24875}{57,99} \cong 501 \text{ MPa} \quad (12)$$

Bezpečnost tohoto šroubového spoje:

$$k_s = \frac{Re_s}{\sigma_s} = \frac{640}{501} \cong 1,28 \quad (13)$$

Potřebný utahovací moment šroubu:

součinitel tření kov-kov dle [3]..... $f_o = 0,1$

$$\text{pro metrický závit M10:} \quad \gamma = \arctg \frac{s}{\pi \cdot d_2} = \arctg \frac{1,5}{\pi \cdot 9,026} = 3,028^\circ \quad (14)$$

$$\varphi' = \arctg \frac{f_o}{\cos \alpha_1} = \arctg \frac{0,1}{\cos 30^\circ} = 6,587^\circ \quad (15)$$

$$M_U = \frac{3}{4} \cdot F_Q \cdot d_2 \cdot \text{tg}(\gamma + \varphi') = \frac{3}{4} \cdot 28000 \cdot 9,026 \cdot 10^{-3} \cdot \text{tg}(3,028 + 6,587) = 32,1 \text{ Nm} \quad (16)$$

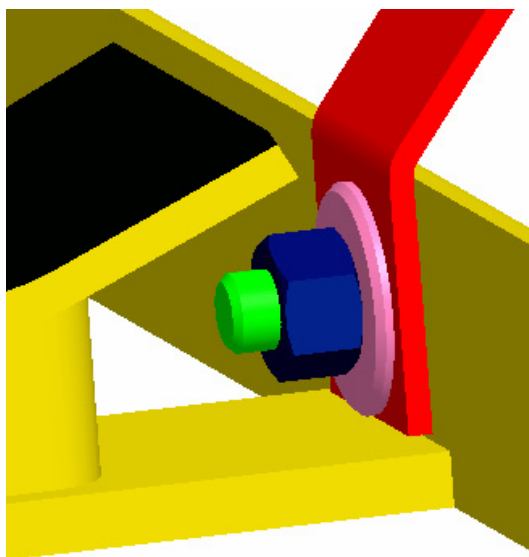
Třecí síla mezi podlahou a rámem:

$$F_t = (6 \cdot F_Q - 2 \cdot \Delta F_2' - 4 \cdot \Delta F_2'') \cdot f_o = (6 \cdot 28000 - 2 \cdot 3125 - 4 \cdot 145) \cdot 0,1 \quad (17)$$

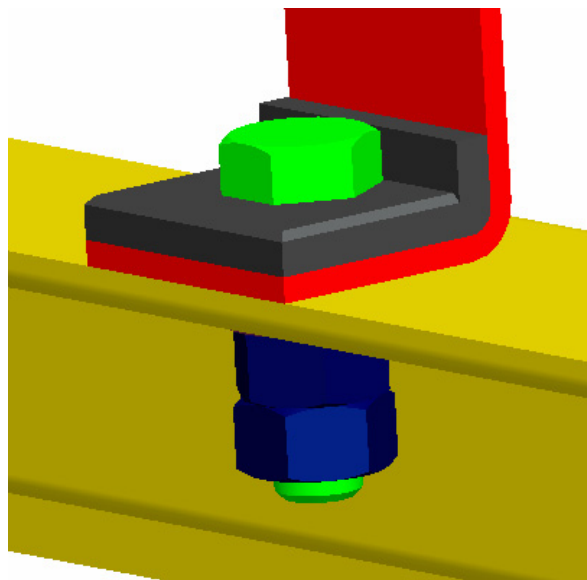
$$F_t \cong 16117 \text{ N} \geq F_x \text{ } \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.1.4 Způsob upevnění nádrže na rám

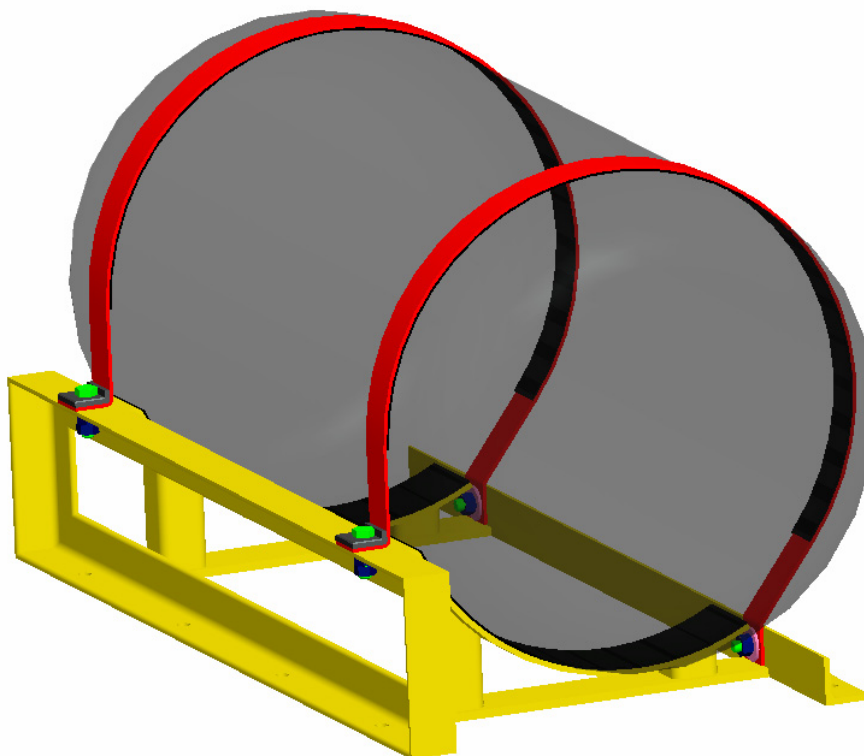
Nádrž bude na rámu upevněna pomocí dvou ocelových pásků o tloušťce 3 mm a šířce 35 mm. Mezi rámem a nádrží i mezi nádrží a těmito pásky budou vloženy pryžové pásy tloušťky 2 mm, jednak kvůli utlumení případných vibrací, ale hlavně z důvodu zvýšení součinitele tření. V zadní části rámu bude každý pásek připevněn pomocí šroubu M10 (viz obr. 15). Tento spoj bude namáhán smykově, ale šroub bude nezalícovaný, proto smí být namáhán pouze tahem. Vzniklá smyková síla musí být tedy přenesena třením mezi rámem a páskem, proto bude mít tento šroub velké předpětí a z pevnostních důvodů jsem musel zvolit pevnostní třídu šroubu 12.9. V přední části rámu budou také šrouby M10 (viz obr. 16). Kvůli poměrně malému předpětí těchto šroubů jsem zvolil upevnění pomocí dvou matic, z nichž jedna má funkci pojistnou. K dostatečnému upevnění nádrže je třeba určitého předpětí ocelových pásků. Toto předpětí je zajištěno předmontážní vůlí mezi páskem a rámem u šroubového spoje dle obr. 16. Minimální vypočtená vůle je dle vztahu (35) 0,34 mm, proto volím z bezpečnostních důvodů tuto mezeru 2 mm.



Obr. 15 Upevnění pásku-vzadu



Obr. 16 Upevnění pásku-vpředu

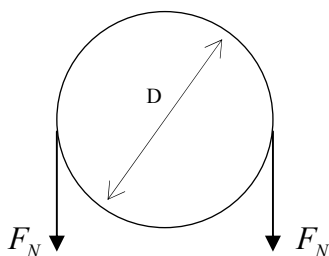


Obr. 17 Rám s upevněnou nádrží

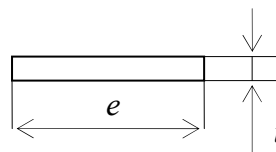
Rám je navržen tak, aby zachytil především čelní náraz automobilu, ke kterému dochází nejčastěji. Při bočním nárazu je nádrž zachycena pomocí tření mezi pryžovými pásy a ocelovými plochami nádrže a rámu. Po konzultaci s prof. Honců uvažují, že při nárazu nedojde k prodloužení ocelových pásků, proto v nich dle Hookova zákona nedojde ke zvýšení napětí. Pásky budou tedy zatíženy pouze silou předpětí.

5.1.5 Výpočet upevnění nádrže na rámu

Kontrola nádrže proti bočnímu vysunutí:



Obr. 18 Průřez nádrží



Obr. 19 Průřez ocel. pásky

Rozměry:

$t=3mm$ tloušťka pásky

$e=35mm$ šířka pásky

Pásek bude předeprnut silou: $F_N = 4000N$

Boční třecí síla:

součinitel tření pryž-ocel dle [5]..... $f_p = 0,5$

$$F_{tb} = 4 \cdot F_N \cdot f_p = 4 \cdot 4000 \cdot 0,5 = 8000N \geq F_Y \dots\dots\dots \Rightarrow \text{vyhovuje} \quad (18)$$

Pevnostní kontrola předních šroubů upevňujících pásek (index 1):

Šrouby M10 pevnostní třídy 8.8 \rightarrow mez kluzu $Re_s = 640MPa$

\rightarrow výpočtový průřez $S_j = 57,99 \text{ mm}^2$

Předpětí šroubů volím: $F_{Q1} = 10kN$

Poměr tuhostí podložky a šroubu $\frac{c_p}{c_s}$ uvažuji opět roven 3.

$$\text{Snížení sil v sevřených částech: } \Delta F_1 = \frac{3}{4} \cdot F_N = \frac{3}{4} \cdot 4000 = 3000N \quad (19)$$

$$\text{Zbytková svěrná síla ve šr. spoji: } F_1 = F_{Q1} - \Delta F_1 = 10000 - 3000 = 7000N \quad (20)$$

$$\text{Napětí ve šroubech: } \sigma_{s1} = \frac{F_1 + F_N}{S_j} = \frac{7000 + 4000}{57,99} \cong 189,7MPa \quad (21)$$

$$\text{Bezpečnost: } k_{s1} = \frac{Re_s}{\sigma_{s1}} = \frac{640}{189,7} \cong 3,37 \quad (22)$$

Utahovací moment těchto šroubů:

γ, φ' viz výpočet výše

$$M_{U1} = \frac{3}{4} \cdot F_{Q1} \cdot d_2 \cdot tg(\gamma + \varphi') = \frac{3}{4} \cdot 10000 \cdot 9,026 \cdot 10^{-3} \cdot tg(3,028 + 6,587) \cong 11,5Nm \quad (23)$$

Pevnostní kontrola zadních šroubů upevňujících pásek (index 2):

Šrouby M10 pevnostní třídy 12.9 \rightarrow mez kluzu $Re_s = 1100MPa$

\rightarrow výpočtový průřez $S_j = 57,99 \text{ mm}^2$

Předpětí šroubů volím: $F_{Q2} = 50kN$

$$\text{Napětí ve šroubech: } \sigma_{s2} = \frac{F_{Q2}}{S_j} = \frac{50000}{57,99} \cong 862,2MPa \quad (24)$$

$$\text{Bezpečnost: } k_{s2} = \frac{Re_s}{\sigma_{s2}} = \frac{1100}{862,2} \cong 1,28 \quad (25)$$

Třecí síla: $F_{t2} = F_{Q2} \cdot f_o = 50000 \cdot 0,1 = 5000N \geq F_N \dots\dots \Rightarrow \text{vyhovuje}$ (26)

Utahovací moment těchto šroubů:

γ, φ' viz výpočet výše

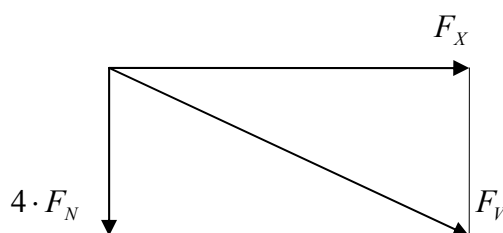
$$M_{U2} = \frac{3}{4} \cdot F_{Q2} \cdot d_2 \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \varphi') = \frac{3}{4} \cdot 50000 \cdot 9,026 \cdot 10^{-3} \cdot \operatorname{tg}(3,028 + 6,587) \cong 57,3Nm \quad (27)$$

Tlak působící na nádrž od ocelových pásků:

$$p_p = \frac{2 \cdot F_N}{D \cdot e} = \frac{2 \cdot 4000}{405 \cdot 35} \cong 0,56MPa \rightarrow \text{zanedbatelná hodnota} \quad (28)$$

Tlak působící na nádrž od styčných ploch s rámem:

Pro tento případ je třeba určit výslednici působících sil, tedy síly od předepjatých pásků $4 \cdot F_N$ a podélné síly vzniklé při nárazu F_X (viz obr. 20). Pro zjednodušení uvažuji, že tato síla bude působit kolmo na plochy tvořené dvěma čtvrtkruhy.



Obr. 20 Určení výslednice sil

Výsledná síla F_V : $F_V = \sqrt{F_X^2 + (4 \cdot F_N)^2} = \sqrt{13734^2 + (4 \cdot 4000)^2} = 21086N \quad (29)$

Celková plocha:

$$S_{sp} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot D}{4} \cdot z = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 405}{4} \cdot 70 = 44532mm^2 \quad (30)$$

kde: z..... šířka styčné plochy

Měrný tlak: $p_{sp} = \frac{F_V}{S_{sp}} = \frac{21086}{44532} \cong 0,47MPa \rightarrow \text{zanedbatelná hodnota} \quad (31)$

Kontrola ocelových pásků na tah:

$Re_p = 290MPa$ určeno dle [3] pro materiál 11 500.1

$$\text{Napětí v páscích: } \sigma_p = \frac{2 \cdot F_N}{e \cdot t} = \frac{2 \cdot 4000}{35 \cdot 3} \cong 76,2MPa \quad (32)$$

$$\text{Bezpečnost: } k_p = \frac{Re_p}{\sigma_p} = \frac{290}{76,2} \cong 3,81 \quad (33)$$

Minimální vůle mezi páskem a rámem

$$\sigma_p = E \cdot \varepsilon \Rightarrow \varepsilon = \frac{\sigma_p}{E} = \frac{76,2}{2,1 \cdot 10^5} \cong 3,63 \cdot 10^{-4} \quad (34)$$

kde E je modul pružnosti v tahu-pro ocel: $E = 2,1 \cdot 10^5 MPa$

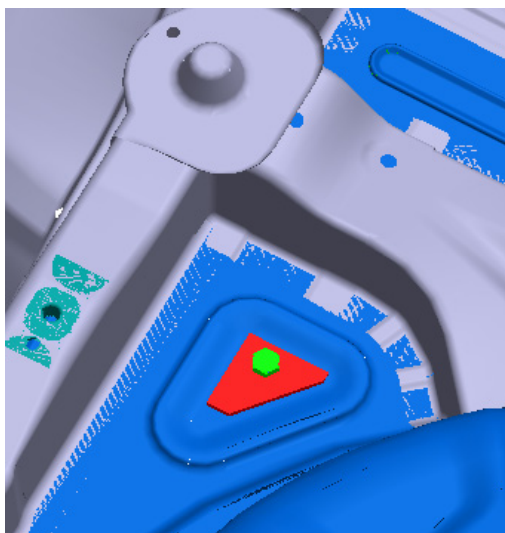
$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \Rightarrow \Delta l = l \cdot \varepsilon = 934 \cdot 3,63 \cdot 10^{-4} \cong 0,34mm \quad (35)$$

kde l je rozvinutá délka pásku-určeno v ProEngineeru: $l = 934mm$

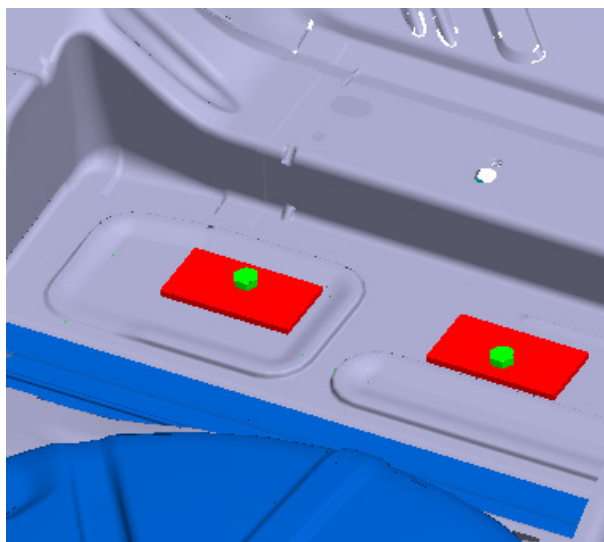
5.1.6 Zástavba nádrže s rámem do vozidla

I přes velké počáteční problémy se nakonec ze společnosti Škoda Auto podařilo získat alespoň model podlahové plošiny Škody Octavia. Ta musí být mírně upravena (viz výkres KVM-DP-536-07) pro připevnění držáku nádrže. Nejdříve budou v oblasti zavazadlového prostoru vyvrtány díry v předepsaných roztečích. Poté bude podlaha v místech šroubů vyztužena přivařenými ocelovými podložkami (viz obr. 21, 22), aby nedošlo v případě nárazu k vytržení šroubů z podlahy. Tyto podložky jsem se rozhodl umístit na podlahu zespoda, což bylo poměrně obtížné vzhledem k členitosti podlahy. Proto také nejsou všechny podložky stejné a jedna z nich musí mít odlišný tvar. K podložkám jsou zespoda přivařeny šrouby, které ční do zavazadlového prostoru. Na ně bude nasazen rám a pomocí plochých podložek a matic připevněn.

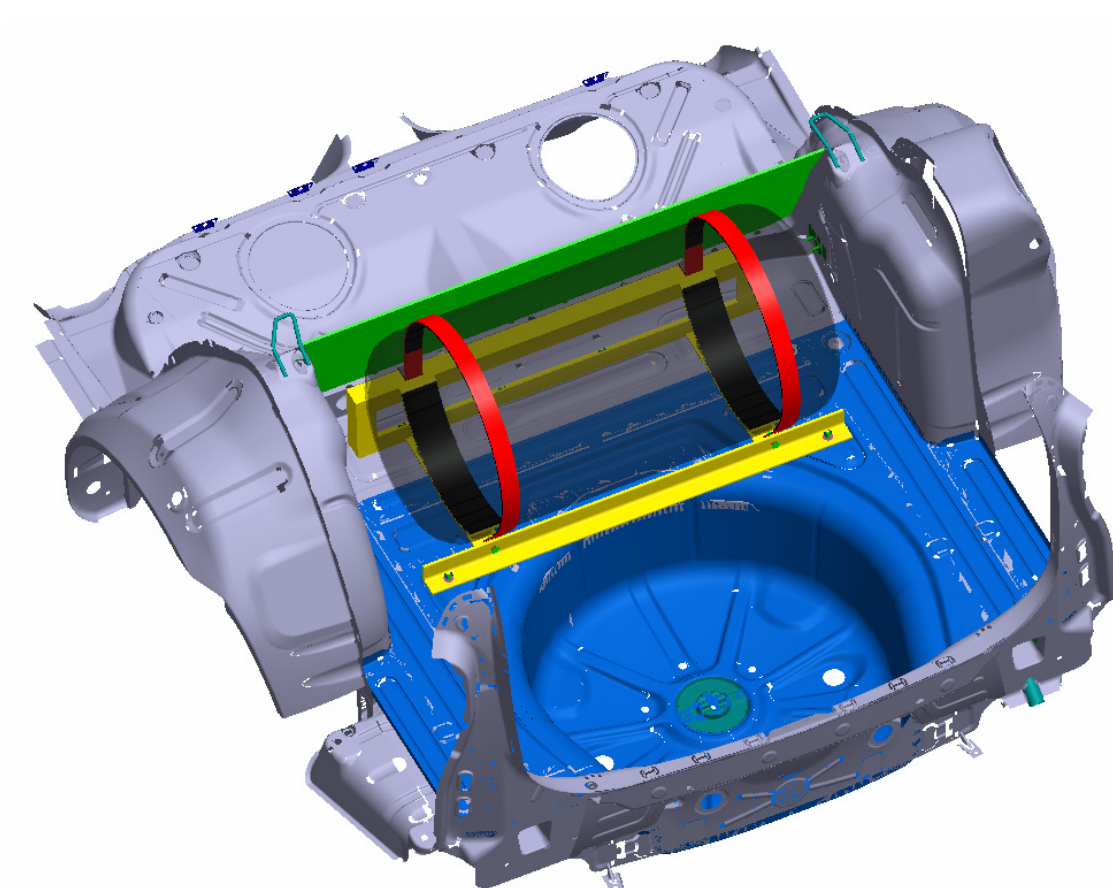
Dále jsem pro názornost vymodeloval v této sestavě zjednodušené opěradlo zadních sedadel (viz obr. 23). Nejmenší vzdálenost mezi deskou opěradel a ocelovými pásky je 9 mm.



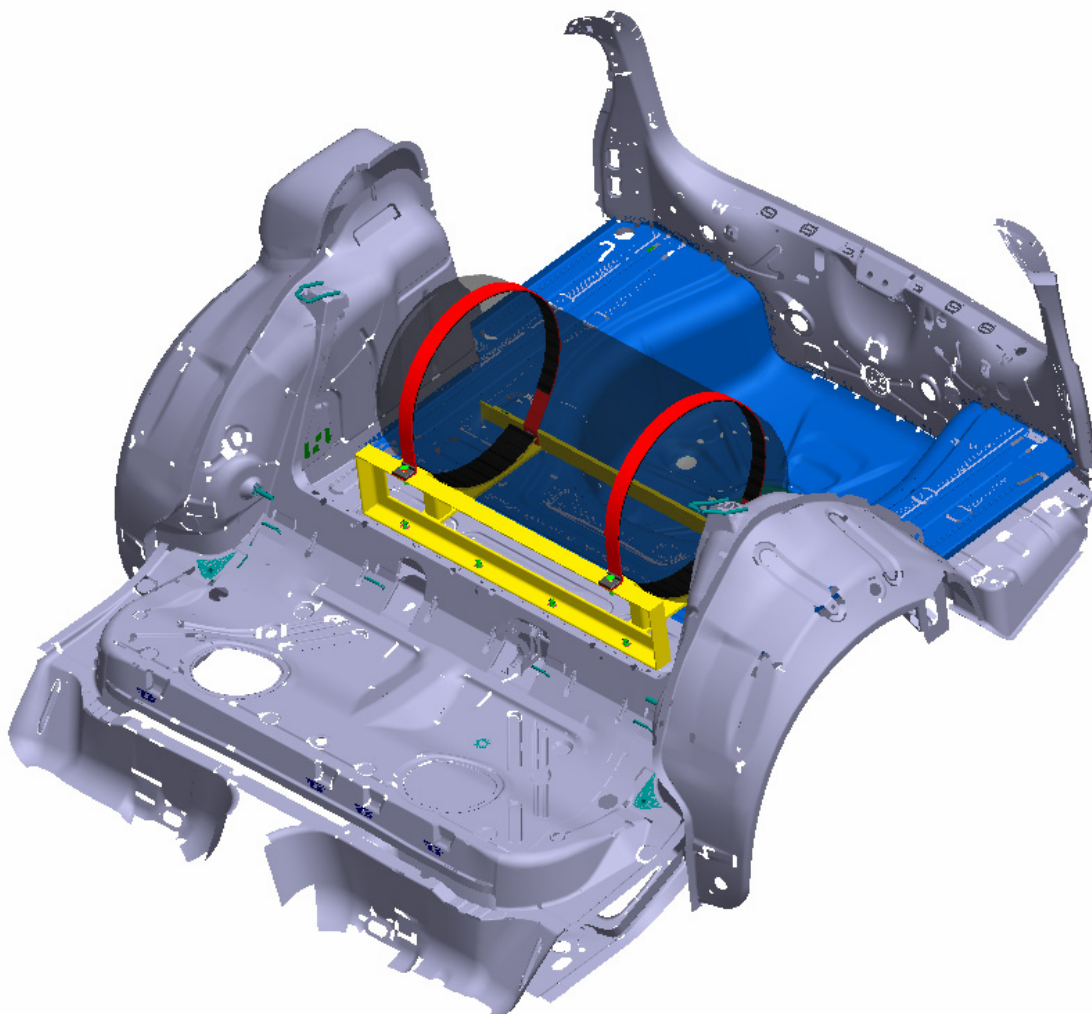
Obr. 21 Podložka č.1



Obr. 22 Podložky č.2



Obr. 23 Zástavba do vozidla-pohled zezadu



Obr. 24 Zástavba do vozidla-pohled zepředu

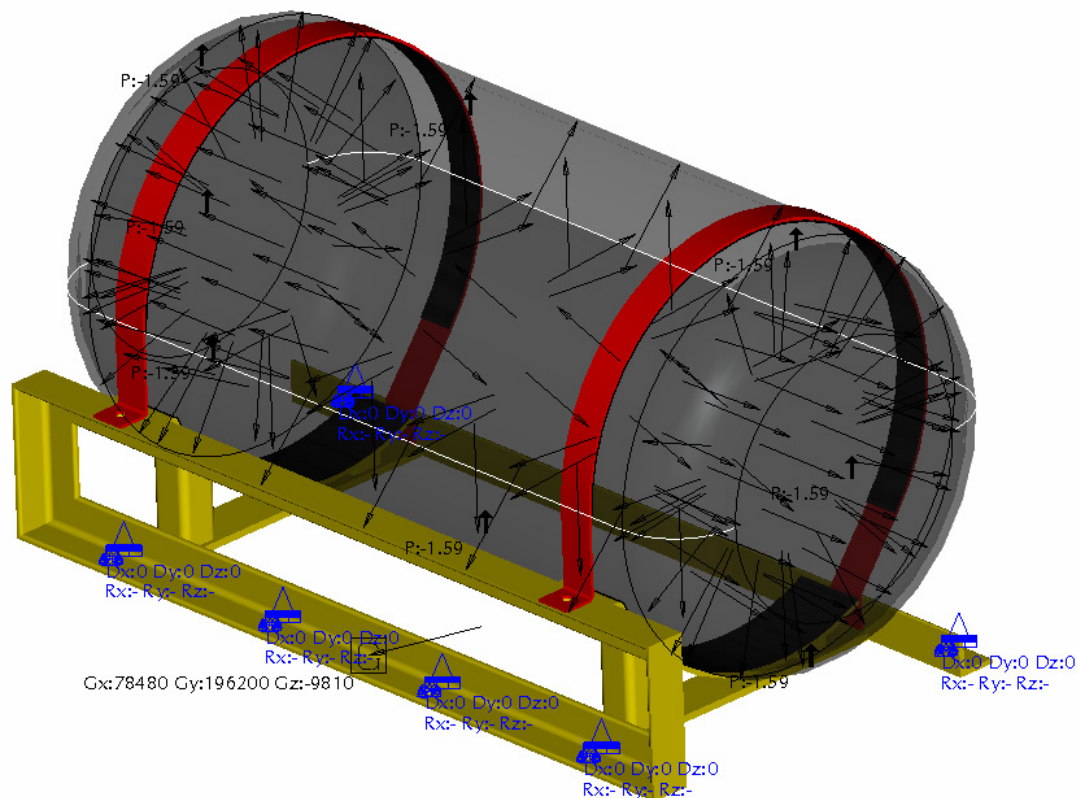
5.1.7 Pevnostní analýza rámu s nádrží

Pevnostní analýzu jsem provedl v softwaru ProMechanica. Tento program využívá při zjemňování sítě konečných prvků tzv. P-metodu. Pro výpočet jsem použil metodu konvergence Multi-Pass Adaptive s maximálním stupněm polynomu 6 a nejvyšším rozdílem výsledku dvou po sobě jdoucích řešení 10 %. Na základě dosažených hodnot napětí jsem konstrukci rámu optimalizoval tak, aby se maximální napětí pohybovalo kolem 600 MPa. Předpis EHK 110 (viz kap. 3.1) říká, že rám musí vydržet požadované přetížení bez poškození. Rám se tedy může mírně zdeformovat, ale nesmí prasknout. Tudíž uvažuji jako maximální dovolené napětí mez pevnosti (R_m) a nikoli mez kluzu (R_e) daného materiálu. Zvolený materiál 11523.1 má dle materiálového listu (viz Příloha 3) rozpětí meze pevnosti $R_m = 450 - 630 \text{ MPa}$,

a to v závislosti na druhu polotovaru. Dle literatury [4] mají všechny mnou použité druhy polotovarů mez pevnosti 628 MPa.

Dále jsem si v ProMechanice nadefinoval vlastní materiál s názvem PRYŽ a následujícími materiálovými vlastnostmi dle [5]: hustota $\rho_{PRYŽ} = 1300 \text{ kg/m}^3$, Poissonovo číslo $\mu_{PRYŽ} = 0,4999$ a modul pružnosti v tahu $E_{PRYŽ} = 6 \text{ MPa}$. Tento materiál je přiřazen 4 použitým pryžovým pásům. Ostatním součástem je přiřazen materiál OCEL.

Na obr. 25 je znázorněno zadané zatížení a okrajové podmínky. Geometrické okrajové podmínky jsou zadány do míst 6-ti šroubů upevňujících rám k podlaze a to nikoli na válcové plochy děr, ale na plochy mezikruží okolo děr shora-, „jakoby pod podložky“. V těchto místech jsou zamezeny posuvy ve všech třech osách a povoleny rotace kolem těchto os. Plnou nádrž LNG (70 kg) jsem simuloval zvětšením tloušťky stěny ocelové nádrže na 7,6 mm. Dále jsem nádrž zatížil vnitřním tlakem 1,59 MPa, což odpovídá nejvyššímu přípustnému pracovnímu tlaku. Celá soustava je vystavena dvacetinásobku tíhového zrychlení v podélném směru, osminásobku tíhového zrychlení ve směru vodorovně kolmém a dále zatížení od vlastní hmotnosti, tedy jednonásobku tíhového zrychlení ve směru svisle dolů.

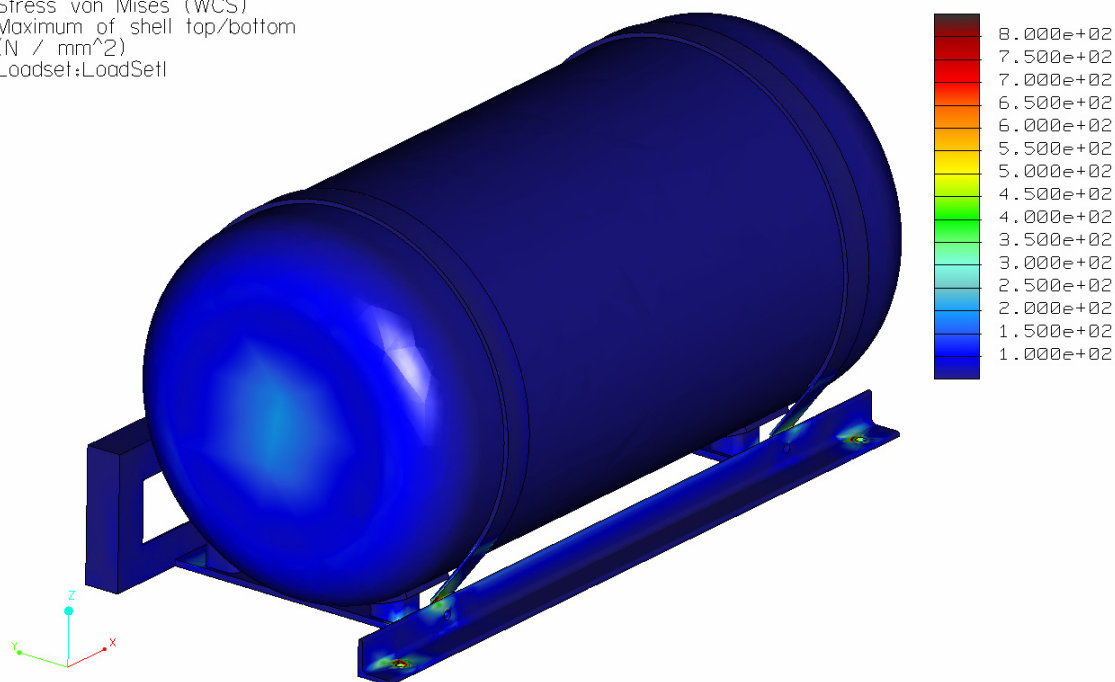


Obr. 25 Zatížení a okrajové podmínky

Výsledky

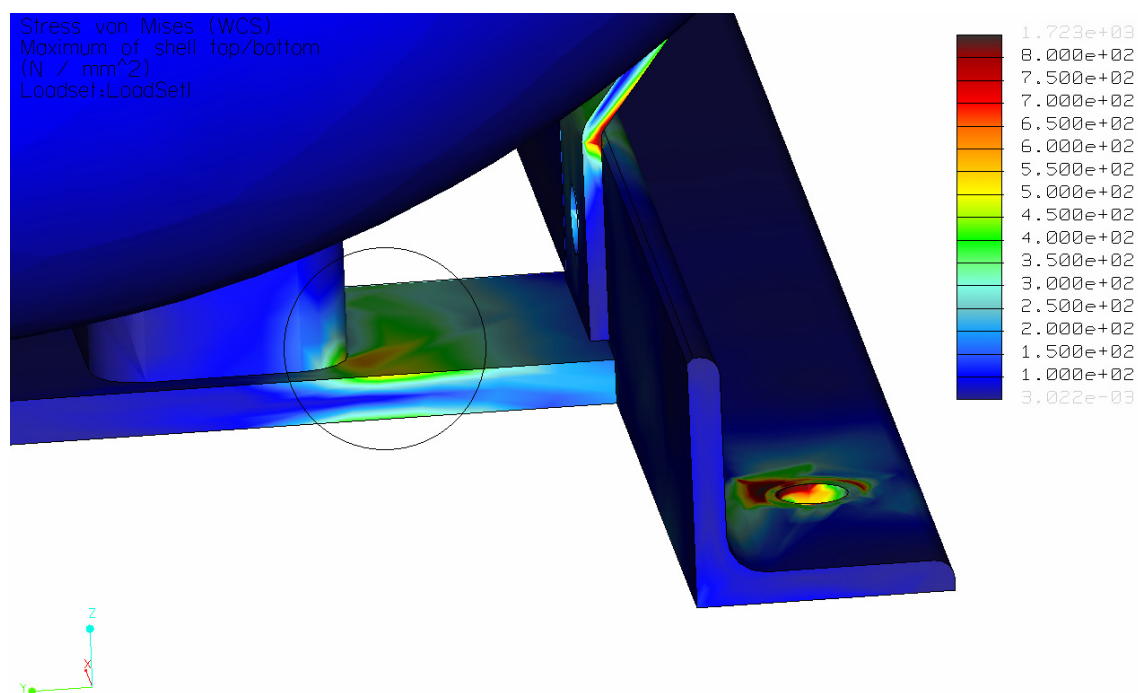
Průběh napětí

Stress von Mises (WCS)
Maximum of shell top/bottom
(N / mm²)
LoadSet:LoadSetI



Obr. 26 Průběh napětí v celé sestavě

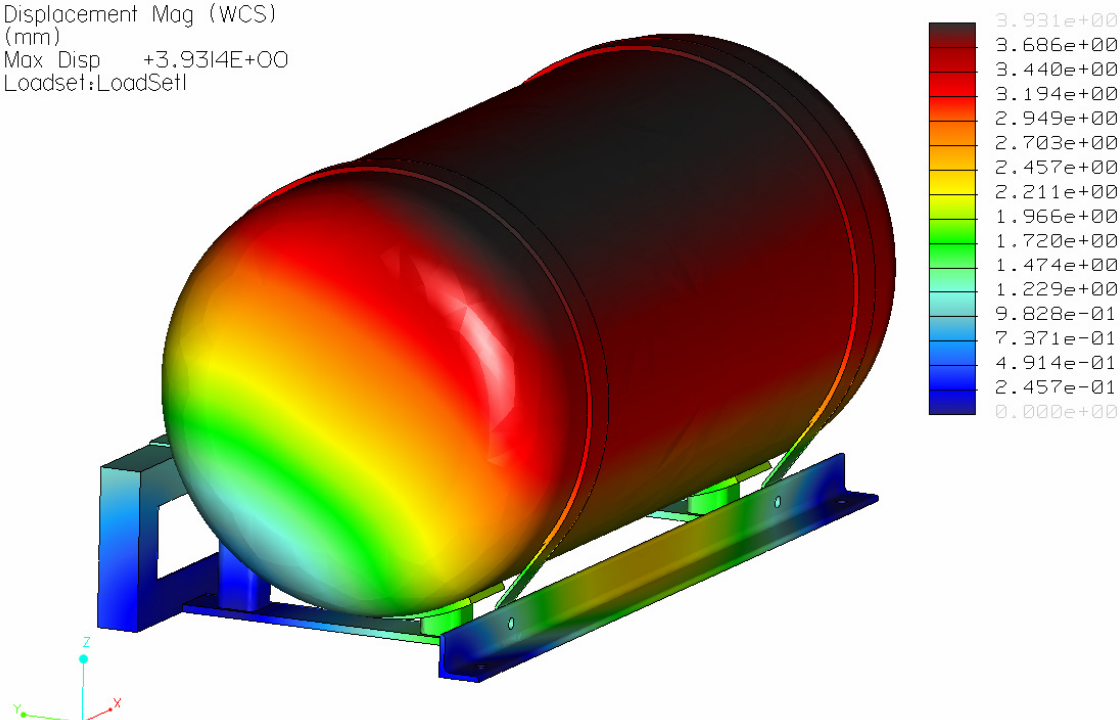
Na obr. 26 je vidět průběh napětí v celé zatěžované sestavě. Hodnoty napětí vycházely poměrně příznivě. Nejvíce namáhané místo rámu je vidět v kroužku na obr. 27. Napětí zde má hodnotu 590 MPa. Na obr. 27 jsou také vidět místa s vysokou koncentrací napětí. V těchto místech dosahuje napětí hodnot až 1723 MPa. Jsou to takzvané geometrické singularity vzniklé například tak, že v modelu jsou absolutně ostré hrany, v nichž se koncentruje napětí. Na reálném modelu však absolutně ostré hrany nenajdeme. Je to tedy vlastně chyba výpočtu a těmto hodnotám nepřikládáme význam.



Obr. 27 Geometrické singularity

Průběh posunutí

Displacement Mag (WCS)
(mm)
Max Disp +3.9314E+00
Loadset: LoadSet1

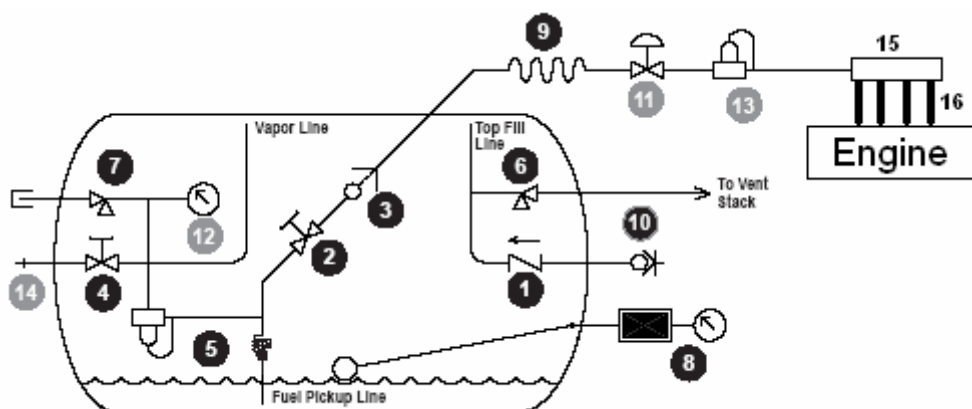


Obr. 28 Průběh posunutí v podélném směru

Při výpočtu posunutí jsem pro větší názornost zatížil výpočtový model pouze přetížením ve směru jízdy a vlastní hmotností. Největší posunutí má hodnotu 3,93 mm a je ho dosaženo v horní části nádrže (viz obr. 28).

5.2 Plynová palivová instalace

Rozmístění jednotlivých prvků plynové palivové instalace na vozidle je schematicky znázorněno na výkrese KVM-DP-536-10. Nutno podotknout, že i když je projekt přestavby zamýšlen pro verzi Liftback, na tomto výkrese je zobrazena verze Combi. Důvodem toho je, že se přes veškeré úsilí nepodařilo sehnat obdobné schematické znázornění krátké verze. Podlahová plošina obou karosářských provedení je však totožná.



Obr. 29 Schéma palivové instalace [7]

Legenda (překlad z anglického materiálu):

- | | |
|-------------------------------------|---|
| 1 – Plnicí zpětný ventil | 10 – Plnicí hrdlo |
| 2 – Ventil odpojující přívod paliva | 11 – Automatický ventil odpojení přívodu paliva |
| 3 – Nadprůtokový ventil | 12 – Ukazatel tlaku v nádrži |
| 4 – Uzavírací ventil pro páry LNG | 13 – Regulátor tlaku |
| 5 – Regulátor tlaku v nádrži | 14 – Odvětrání |
| 6 – Primární pojistný ventil | 15 – Palivová lišta s elektromagnetickými ventily |
| 7 – Sekundární pojistný ventil | 16 – Vefukovací trysky (viz kap. 5.3) |
| 8 – Ukazatel hladiny paliva | |
| 9 – Výměník tepla (odpařovač) | |

5.2.1 Příslušenství LNG nádrže

Regulátor tlaku v nádrži

Když tlak v nádrži vzroste nad nastavené hodnoty (obvykle 0,6-0,8 MPa), regulátor tlaku ventiluje páry LNG do palivového potrubí. Toto zvyšuje zádrž kryogenní nádrže na 7 až 10 dnů. Tok skrz regulátor není řízen, ventil se otevře kdykoli tlak překročí nastavenou hodnotou. [7]



Obr. 30 Regulátor tlaku v nádrži [14]

Plnicí hrdlo

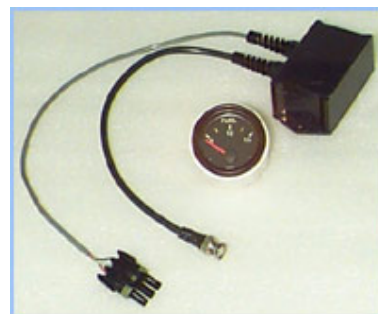


Plnicí hrdlo slouží k připojení plnicího potrubí. Otevře se pouze, pokud je plnicí potrubí správně nasazeno a zajištěno. V opačném případě zavírá průtok paliva, aby nedošlo k žádné palivové ztrátě. Umístění plnicího hrdla LNG na vozidle je schematicky znázorněno na výkrese KVM-DP-536-10. [7]

Obr. 31 Plnicí hrdlo [14]

Ukazatel hladiny paliva

Informuje řidiče nebo osobu plnící nádrž o stavu hladiny paliva v nádrži. Palivoměr může být umístěn přímo na nádrži nebo v kabině řidiče automobilu. V mém případě bude ukazatel hladiny paliva umístěn v kabině na vhodném místě na přístrojové desce.



[7]

Obr. 32 Ukazatel hladiny paliva [14]

Dvojitý odlehčovací (pojistný) ventil



Každá nádrž má odlehčovací ventil nastavený na tlak 1,6 MPa a záložní odlehčovací ventil nastavený na tlak 2,4 MPa pro případ poruchy nebo zablokování primárního ventilu. Sekundární ventil je chráněn před nečistotami červenou vinylovou krytkou a ta nikdy nesmí chybět. [7]

Obr. 33 Dvojitý pojistný ventil [14]

Plnicí zpětný ventil

Zpětný ventil v palivovém plnicím potrubí zabráňuje LNG v úniku v případě poruchy plnicího hrdla nebo při nehodě. Využívá tlaku v nádrži k tomu, aby uzavíral průtok v požadovaném směru. Ventil je připojen k hornímu plnicímu potrubí (viz obr. 29) [7]



Obr. 34 Plnicí zpětný ventil [14]

Nadprůtokový ventil



Nadprůtokový ventil je speciální zpětný ventil navržený k tomu, aby přerušil palivový tok, jestliže průtok překračuje jistý limit. Jeho funkce je chránit palivové vedení mezi nádrží a výměníkem tepla proti nekontrolovanému úniku paliva v případě nehody. Není určen k tomu, aby chránil potrubí za výměníkem tepla, to je funkce automatického ventilu odpojení přívodu paliva.

Obr. 35 Nadprůtokový ventil [14]

[7]

Ukazatel tlaku v nádrži

Slouží k zobrazení aktuálního tlaku v nádrži. Pokud je tlak při plnění příliš vysoký, může být přes LNG plnicí automat odveden zpět do objemné skladovací nádrže. Tlak se odebírá potrubím o vnitřním průměru 6 mm z „T“ spojky u primárního pojistného ventilu.

[7]



Obr. 36 Manometr [14]

5.2.2 Odpařovač

Palivo v nádrži se vyskytuje ve dvou skupenstvích, tj. podchlazené páry a podchlazená kapalina. Při dodávání paliva do odpařovače v plynné fázi, kapalně nebo smíšené, dochází v odpařovači k ohřátí a přechodu pouze na plynnou fázi. Odpařovač je propojen s chladícím okruhem motoru a proud chladicí kapaliny protéká spirálou ve stejném směru, jako proudí palivo. Po průchodu odpařovačem může být palivo dopraveno dále k regulátoru tlaku. Odpařovač může být montován jak horizontálně, tak vertikálně. Pro co nejlepší účinnost je doporučena maximální délka potrubí mezi nádrží a odpařovačem 2,4 m. Minimální průtok chladicí kapaliny o teplotě 82 °C musí být

3,8 l/min. Vstupní a výstupní rozměry otvoru pro plyn mají vnitřní průměr 9,5 mm (3/8“) a otvory pro vstup a výstup chladicí kapaliny mají průměr 17 mm (1/2“). [7]

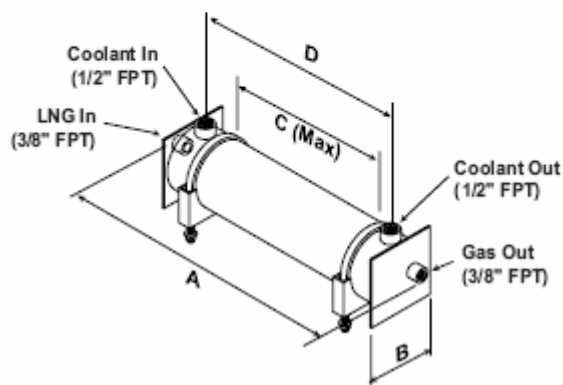
Potrubí s chladicí kapalinou je přivedeno od motoru-z primárního chladicího okruhu (odběr před termostatem) do odpařovače. Je nutno dodržet minimální průtok chladicí kapaliny odpařovačem 3,8 l/min při volnoběžných otáčkách motoru. [7]

Heat Exchanger ⑨

Part No.	Horsepower Rating	A	B	C	D	E
10682851	150	11-1/4	4-1/2	5-1/2	7-1/2	4-5/8
9722999	300	19-1/4	4-1/2	14-3/4	15-3/4	4-5/8
10668725	450	27-1/4	5	21-1/2	22-1/2	5-1/2

Specifications:

Max. Operating Pressure (LNG): 300 p.s.i.g.
Max. Coolant Pressure: 50 p.s.i.g.

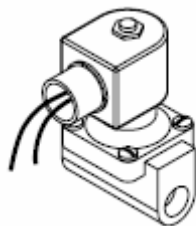


Obr. 37 Rozměry odpařovače [7]

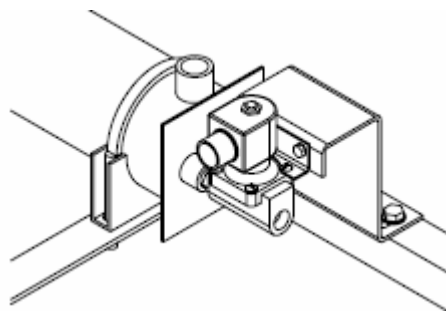
Dle obr. 37 volím odpařovač s označením 10682851 určený pro motory o výkonu do 112kW (150HP). Rozměry odpařovače v mm: A=286 mm; B=114 mm; C=140 mm; D=191 mm; E=117 mm. Odpařovač bude umístěn mezi rámem s LNG nádrží a podběhem kola vlevo ve směru jízdy. Toto je i s potrubím pro přívod chladicí (resp. ohřívací) kapaliny schematicky znázorněno na výkrese KVM-DP-536-10.

5.2.3 Automatický uzavírací ventil

Automatický uzavírací ventil, nebo také automatický ventil odpojení přívodu paliva musí obsahovat každá palivová soustava LNG. Jeho funkce je odpojit průtok paliva k motoru když je vypnuté zapalování nebo pokud je aktivován určitým senzorem na motoru nebo v palivové soustavě. Jeho doporučené umístění je u výstupu teplého NG z odpařovače (viz obr. 39). Nexgen doporučuje zahrnutí nízkoteplotního vypínače na „teplé“ větvi plynového potrubí k tomu, aby chránil tento ventil a další součásti umístěné za ventilem v případě špatné funkce chladicího systému vozidla. Správná funkce chladicí soustavy je totiž nezbytná k odpařování LNG.



Obr. 38 Uzavírací ventil [7]



Obr. 39 Doporučené umístění [7]

5.2.4 Potrubí pro rozvod LNG a NG

Kryogenní nádrž je dodávána včetně propojovacího potrubí a armatur, tlakového regulátoru a zařízení k měření hladiny a tlaku paliva. Potrubí pro rozvod LNG a NG je schematicky znázorněno na výkrese KVM-DP-536-10.

Plnicí potrubí

Mnoho vozidel má plnicí hrdlo vzdálené od nádrže a vyžaduje plnicí potrubí pro spojení s palivovou nádrží. Firma NexGen doporučuje ocelové trubky. Minimální vnitřní průměr plnicího potrubí závisí na velikosti nádrže a plnicího hrdla, ale obecně to je průměr potrubí 13 mm (1/2") pro nádrže menší než 189 l a 19 mm (3/4") pro nádrže větší. Jestliže jsou použity neohebné trubky, měl by být mezi plnicí hrdlo a nádrž zařazen alespoň jeden S ohyb, aby byla zajištěna poddajnost v případě nehody.

[7]

Potrubí bude tedy vyrobeno z antikorozi oceli a v mém případě bude mít vnitřní průměr 13 mm.

Palivové potrubí k motoru

Palivové potrubí z Automatického ventilu odpojení přívodu paliva do motoru může být buď kovové, nebo z nekovového materiálu vhodného pro práci se zemním plynem. Pokud je potrubí nekovové, musí být do palivové soustavy zahrnut nízkoteplotní vypínač. Motorové palivové potrubí by mělo být minimálně o 3 mm (1/8") v průměru větší než vedení kapalného NG do výměníku tepla aby se předešlo omezení průtoku tím, jak palivo expanduje při vypařování.

[7]

5.2.5 Regulátor tlaku

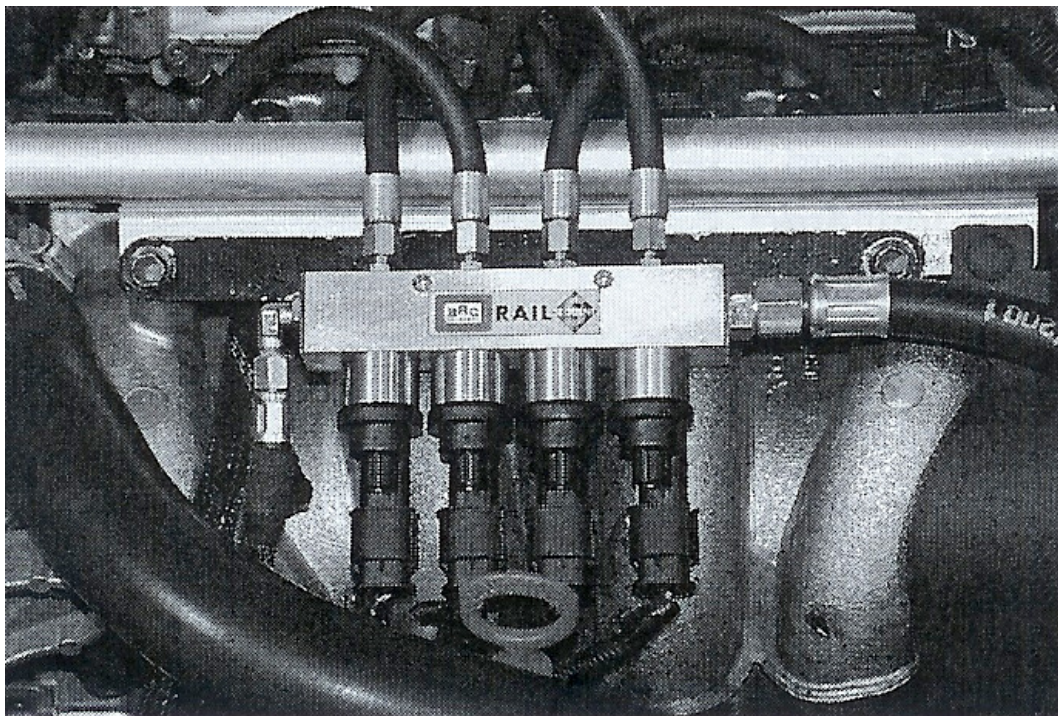
Některé prvky plynového palivového příslušenství nesnesou vyšší tlak, než je maximální přípustný pracovní tlak v nádrži a systém musí být proto vybaven regulátorem tlaku. Regulátor udržuje tlak v nastaveném rozmezí. Je namontovaný na palivovém potrubí vedoucím k motoru až za výměníkem tepla a automatickým uzavíracím ventilem. V mém případě bude regulátor umístěn v motorovém prostoru jak je schematicky znázorněno na výkrese KVM-DP-536-10.



[7] Obr. 40 Regulátor tlaku [14]

5.2.6 Vefukovací ventily

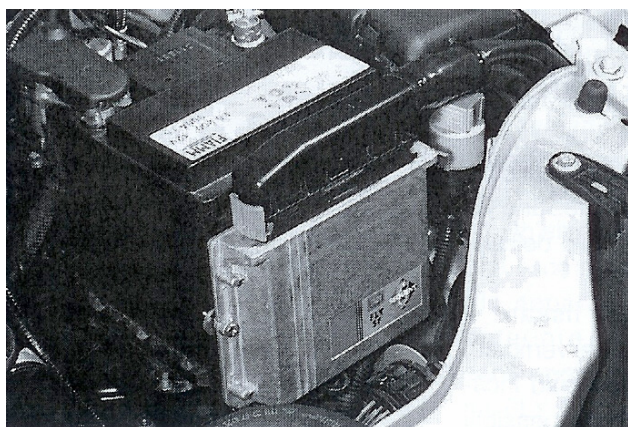
Vefukovací ventily jsou ovládány elektromagneticky a umožňují dávkování NG do sacího potrubí motoru. Jsou umístěny na palivové liště se zemním plynem, tzv. RAIL (viz obr. 41). Tato palivová lišta je připevněna k motoru v oblasti hlavy válců. Vstup tvoří hadička se NG o přetlaku přibližně 0,25 MPa. Výstup NG je přes jednotlivé elmag. ventily hadičkami do sacího potrubí jednotlivých válců (viz kap. 5.3). Palivová lišta je schematicky znázorněna na výkrese KVM-DP-536-10.



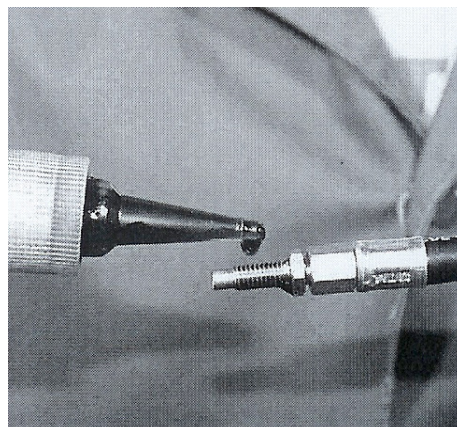
Obr. 41 Palivová lišta s vefukovacími ventily [9]

5.3 Úpravy motoru

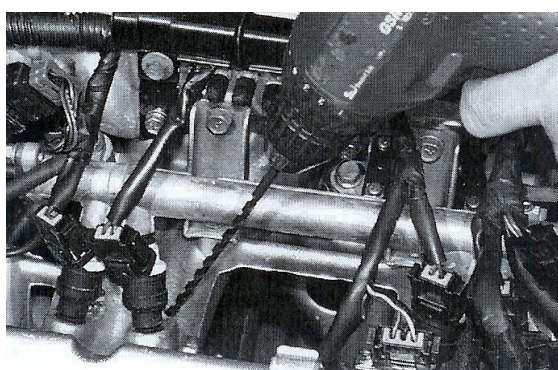
Bezprostřední úpravy motoru spočívají v podstatě pouze v instalaci řídicí jednotky na NG a umístění vefukovacích trysek do sacího potrubí. Plynová řídicí jednotka BRC SEQUENT FASTNESS od italské firmy M.T.M bude umístěna v některém z volných míst v motorovém prostoru, např. vedle autobaterie (viz obr. 42). Vefukovací trysky budou našroubovány do vyvrtaných otvorů v plastovém sacím potrubí a to přibližně 30 mm od vstupu do hlavy válců. Toto je schematicky znázorněno na obr. 46.



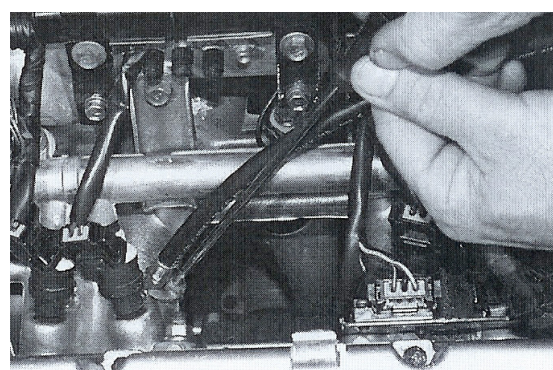
Obr. 42 Umístění řídicí jednotky NG [9]



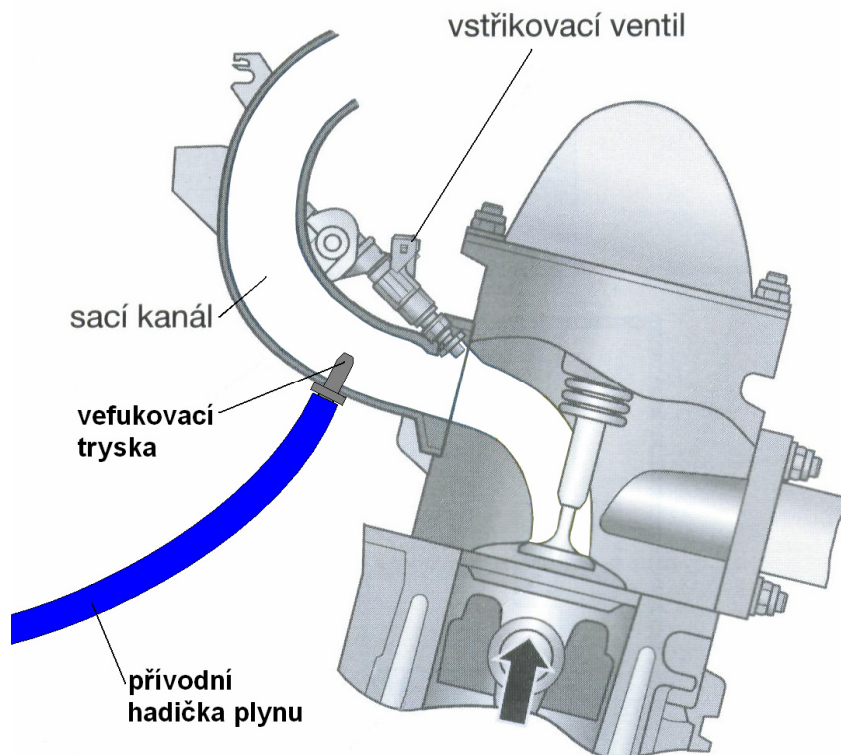
Obr. 43 Vefukovací tryska [9]



Obr. 44 Navrtání sacího potrubí [9]



Obr. 45 Umístění vefukovacích trysek [9]



Obr. 46 Umístění vefukovací trysky-schematicky

6 Stanovení očekávaných provozních parametrů vozidla

Změna výkonu motoru

Maximální výkon motoru na benzin: $P_{\max/benz} = 75kW$.

Dle literatury [2] mají nepřepřlňované plynové motory s vnějším tvořením směsi plyného paliva a vzduchu proti původním benzinovým motorům sníženou velikost středního efektivního tlaku p_e pracovního oběhu. Je to dáno větším objemem dávky plyného paliva (proti benzinu – i odpařenému) na pracovní oběh. Poměrnou změnu hodnoty p_e v režimu 100% zatížení po přestavbě benzinového motoru (pro $\lambda = 1$) na plynový ukazuje zjednodušený vztah, odvozený za předpokladu stejných hodnot plnicích účinností i celkových účinností obou motorů:

$$\frac{p_{e/NG}}{p_{e/benz}} = \frac{(A_{T/benz} \cdot r_{air} + r_{benz}) \cdot H_{L/NG} \cdot T_{DÚ/benz}}{(A_{T/NG} \cdot r_{air} + r_{NG}) \cdot H_{L/benz} \cdot T_{DÚ/NG}} \quad (36)$$

Teoretická spotřeba vzduchu je pro benzin $A_{T/benz} = 14,5$ kg/kg a pro zemní plyn $A_{T/NG} = 17$ kg/kg. Měrná plynová konstanta r je pro vzduch $r_{air} = 287$ J/kg.K

a pro NG je $r_{NG} = 518 \text{ J/kg.K}$. Přehřáté páry benzínu mají plynovou konstantu $r_{benz} = 76 \text{ J/kg.K}$. Dolní výhřevnost paliva H_L je pro benzin $H_{L/benz} = 42,7 \text{ MJ/kg}$ a pro zemní plyn je $H_{L/NG} = 49,5 \text{ MJ/kg}$. Teplota náplně válce na konci plnění $T_{DÚ}$: teplota v benzinovém motoru $T_{DÚ/benz}$ bude proti teplotě v plynových motorech $T_{DÚ/NG}$ o $(10-15)^\circ\text{C}$ nižší v důsledku odpařování benzínu v nasávaném vzduchu (odhad: $T_{DÚ/benz} \approx 325 \text{ K}$, $T_{DÚ/NG} \approx 340 \text{ K}$).

Výpočet s využitím uvedených hodnot dává poměrné snížení výkonu při náhradě benzínu NG, přiváděným v plynném stavu do nasávaného vzduchu:

$$\frac{P_{e/NG}}{P_{e/benz}} \approx 0,87.$$

Z tohoto výpočtu tedy plyne, že přechodem z paliva benzin na NG lze očekávat snížení výkonu motoru zhruba na 87 % výkonu motoru na benzin. Z praktických zkoušek a měření motoru však vyplývá, že se výkon sníží až na 85 % původní hodnoty. Proto budu v dalších výpočtech uvažovat toto snížení o 15 %, potom tedy výkon motoru na NG: $P_{\max/NG} = 0,85 \cdot P_{\max/benz} = 0,85 \cdot 75 \cong 64 \text{ kW}$. (37)

Změna kroutícího momentu motoru

Max. kroutící moment motoru na benzin: $M_{k/benz} = 148 \text{ Nm}$.

Z výsledků měření na motoru Škoda Auto 1.2 HTP [6] vyplývá, že max. kroutící moment motoru poklesne při provozu na NG na 78% původní hodnoty. Proto budu uvažovat přibližně stejné snížení i na motoru 1.6 MPI.

Max. kroutící moment motoru na NG:

$$M_{k/NG} = 0,78 \cdot M_{k/benz} = 0,78 \cdot 148 \cong 115 \text{ Nm}. \quad (38)$$

Změna celkové hmotnosti vozidla

Celková hmotnost vozidla na benzin: $m_{benz} = 1915 \text{ kg}$.

Instalací rámu s nádrží a veškerého plynového palivového příslušenství se zároveň zvýší pohotovostní hmotnost automobilu přibližně o 90kg.

Celková hmotnost vozidla na LNG: $m_{LNG} = m_{benz} + 90 = 1915 + 90 = 2005 \text{ kg}$. (39)

6.1 Stanovení spotřeby paliva a dojezdu

Dojezd vozidla na LNG

Výpočet dojezdu a spotřeby NG je proveden pomocí poměru výhřevností jednotlivých paliv. Celkový objem nádrže je $V = 55 \text{ l}$, ale budu uvažovat naplnění kapalným zemním plynem pouze $V' = 50 \text{ l}$.

Hustota LNG: $\rho_{LNG} = 0,42 \text{ kg/l}$.

Hmotnost LNG v nádrži: $m_{LNG} = V' \cdot \rho_{LNG} = 50 \cdot 0,42 = 21 \text{ kg}$. (40)

Výhřevnost LNG: $Q_{LNG} = 54,8 \text{ MJ/kg}$.

Výhřevnost benzínu: $Q_b = 45 \text{ MJ/kg}$.

Hustota benzínu: $\rho_b = 0,7 \text{ kg/l}$.

Srovnatelný odpovídající objem benzínu: $V_b = \frac{Q_{LNG}}{Q_b} \cdot \frac{m_{LNG}}{\rho_b} = \frac{54,8}{45} \cdot \frac{21}{0,7} \cong 36,5 \text{ l}$. (41)

Kombinovaná spotřeba benzínu pro motor 1.6 MPI je: $V_{100} = 7,4 \text{ l/100km}$.

Dojezd na LNG: $S_{LNG} = \frac{V_b}{V_{100}} \cdot 100 = \frac{36,5}{7,4} \cdot 100 \cong 493 \text{ km}$. (42)

Dojezd na benzín: $V_{ben} = 55 \text{ l}$...objem benzínové nádrže,

$$S_{ben} = \frac{V_{ben}}{V_{100}} \cdot 100 = \frac{55}{7,4} \cdot 100 \cong 743 \text{ km}. \quad (43)$$

Spotřeba paliva NG

Hmotnostní spotřeba NG: $M = \rho_b \cdot V_{100} \cdot \frac{Q_b}{Q_{LNG}} = 0,7 \cdot 7,4 \cdot \frac{45}{54,8} \cong 4,25 \text{ kg/100km}$. (44)

Objemová spotřeba LNG: $V_{LNG/100} = \frac{M_{NG}}{\rho_{LNG}} = \frac{4,25}{0,42} \cong 10,13 \text{ l/100km}$. (45)

6.2 Stanovení maximální rychlosti

Maximální rychlost vozidla na benzín: $v_{\max/benz} = 190 \text{ km/h}$.

Výpočet maximální rychlosti vychází z rovnováhy hnací síly a jízdních odporů. Neuvažujeme odpor zrychlení a odpor stoupání.

$$P_{m/NG} = \frac{1}{\eta_m} \cdot \left(f \cdot m_{LNG} \cdot g \cdot v_{\max/NG} + \frac{\rho_v}{2} \cdot c_x \cdot S_x \cdot v_{\max/NG}^3 \right) \quad (46)$$

V tomto vztahu figurují následující veličiny: mechanická účinnost $\eta_m = 0,9$, součinitel odporu valení $f = 0,015$, hustota vzduchu $\rho_v = 1,25 \text{ kg} / \text{m}^3$, souč. odporu vzduchu $c_x = 0,3$ a čelní plocha vozidla je přibližně $S_x = 2,3 \text{ m}^2$.

Numerickým řešením této rovnice získáme maximální rychlost vozidla po přestavbě na pohon NG: $v_{\text{max} / \text{NG}} = 168 \text{ km} / \text{h}$.

6.3 Stanovení maximální stoupavosti

Výpočet maximální stoupavosti vychází opět z rovnováhy hnací síly a jízdních odporů. Při tomto výpočtu se však neuvažuje odpor zrychlení a odpor vzduchu.

Veličiny použité ve vzorci dle [12]: největší převodový poměr $i_{C \text{ max}} = 15,68$, poloměr kola $r = 0,32 \text{ m}$.

$$s_{\text{max} / \text{NG}} = \frac{M_{k / \text{NG}} \cdot i_{C \text{ max}}}{m_{\text{LNG}} \cdot g \cdot r} \cdot \eta_m - f = \frac{115 \cdot 15,68}{2005 \cdot 9,81 \cdot 0,32} \cdot 0,9 - 0,015 \cong 0,24 \quad (47)$$

Vozidlo po přestavbě vyjede maximální stoupání 24%.

$$\textbf{Maximální úhel stoupání: } \alpha = \arctg 0,24 \cong 13,5^\circ . \quad (48)$$

7 Závěr

Použití NG jako paliva pro dopravní prostředky se neustále zvyšuje. Například zde v České republice se ještě před pár lety jednalo v tomto směru spíše o ojedinělé projekty a setkat se s vozidlem na NG v praxi bylo vzácností. Dnes je již situace jiná. V současnosti je v České republice v provozu 17 plnicích stanic NG a jen do konce tohoto roku jich má být 20. Jezdí zde 460 vozidel poháněných NG, z toho 270 osobních a dodávkových, 10 nákladních a 180 autobusů.

Toto vše se však týká využívání NG v jeho stlačené formě, tedy CNG. Kapalný zemní plyn se u nás zatím nedostal ke slovu. Je to dáno především složitější a dražší technologií skladování a neexistující sítí plnicích stanic LNG. I přes toto jsou výhody LNG nesporné a v příštích letech při snaze o zefektivnění pohonu NG by mohl být LNG krokem tím správným směrem.

V úvodu své diplomové práce jsem zmínil základní vlastnosti LNG, jeho výhody, nevýhody, způsob skladování a nastínil jsem dopad na životní prostředí při spalování NG ve srovnání se spalováním konvenčních motorových paliv. Dále jsem uvedl podmínky, které musí taková přestavba splňovat a způsoby jakými je možné přestavbu benzínového motoru pro spalování NG provést. V další kapitole jsou stručně uvedeny technické parametry vozidla určeného k přestavbě.

Ve vlastním projektu přestavby jsem se zaměřil především na bezpečné uložení kryogenní nádrže ve vozidle vyhovující platným předpisům. Při tom jsem narazil na nespočet rozměrových i tvarových omezení plynoucích z velké členitosti podlahy zavazadlového prostoru apod. Při případné realizaci tohoto projektu by proto bylo vhodné ve spolupráci s technickým vývojem provést určité konstrukční úpravy podlahy.

Dále jsem specifikoval potřebné plynové palivové příslušenství. Jeho umístění na vozidle jsem však uvedl pouze schematicky. Z důvodu absence kompletní výkresové dokumentace či datových podkladů nebylo možné jeho zástavbu vyřešit detailněji.

V závěru práce jsou ještě uvedeny očekávané provozní parametry automobilu po přestavbě na LNG. Tyto hodnoty mají však spíše orientační charakter a říkají, že maximální výkon motoru klesne ze 75 kW na 64 kW, kroutící moment poklesne ze 148 Nm na 115 Nm a celková hmotnost vozidla se zvýší z 1915 kg na 2005 kg. Dojezd vozidla na LNG je přibližně 493 km, a jelikož benzínová nádrž bude zachována, tak kombinovaný dojezd na obě paliva je zhruba 1200 km.

Seznam použité literatury:

- [1] LAURIN, J.: Motorové palivo zkapalněný zemní plyn, TU v Liberci, Liberec 2001
- [2] LAURIN, J.: Motory Škoda Auto 1.2 HTP 40 kW na zemní plyn, Studie, TU v Liberci, Liberec 2006
- [3] LEINVEBER, J., ŘASA, J., VÁVRA, P.: Strojnické tabulky, 3. doplněné vydání, Praha 2000
- [4] FIALA, J., BEBR, A., MATOŠKA, Z.: Strojnické tabulky-materiály pro strojírenskou výrobu, SNTL Praha, Praha 1987
- [5] KOŽEŠNÍK, J.: Základy teorie přístrojů, Bratislava 1987
- [6] BEROUN, S.: Motor ŠA 1.2 HTP na alternativní paliva CNG a LPG, (výsledky měření na motoru), TU v Liberci, Liberec 2006
- [7] LNG-Vehicle Fuel Tank System, Operation manual, NexGen FUELING, A Chart Industries Company, 2006
- [8] Předpis EHK 110
- [9] Katalog plynového palivového příslušenství BRC
- [10] Informace o LNG:
http://www.rwe.cz/rwe.cz/zemni_plyn/plyn_cng/
- [11] Informace o LNG:
http://www.cng.cz/www.cng.cz/zemni_plyn
- [12] Technická data Škoda Octavia:
<http://news.auto.cz/aktuality/kompletni-technicka-data-nove-octavie.html>
- [13] Obrázky Škoda Octavia:
<http://news.auto.cz/aktuality/nova-skoda-octavia-kompletni-informace-18-clanku.html>
- [14] Příslušenství LNG nádrže:
http://nexgenfueling.com/p_ofs_components.html
- [15] Podrobná technická data Škoda Octavia-stránky výrobce:
<http://www.skoda-auto.com/cze/model/newoctavia/octavia/technology/>

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Vnější otáčková charakteristika motoru 1.6 MPI 75kW
Příloha 2	Katalogový list LNG nádrží od firmy MVE
Příloha 3	Materiálový list oceli 11 523.1
Příloha 4	Elektrické schéma zapojení plynového příslušenství BRC
Příloha 5	Mechanické schéma zapojení plynového příslušenství BRC

KVM-DP-536-01	Rám-svařenec	kótovaná sestava
KVM-DP-536-02	Podložka kulatá	výrobní výkres
KVM-DP-536-03	Pásek	výrobní výkres
KVM-DP-536-04	Podložka hranatá	výrobní výkres
KVM-DP-536-05	Rám s nádrží	podsestava
KVM-DP-536-06	Podložka 1	výrobní výkres
KVM-DP-536-07	Podložka 2	výrobní výkres
KVM-DP-536-07	Úprava podlahové plošiny	podsestava
KVM-DP-536-09	Zástavba nádrže	sestava
KVM-DP-536-10	Zástavba do vozidla	skica

CD ROM

Příloha 1

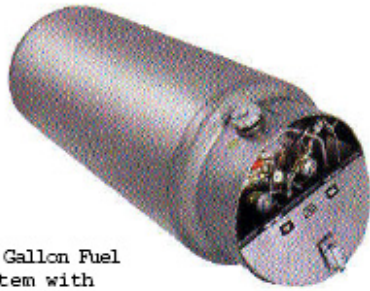
Vnější otáčková charakteristika motoru 1.6 MPI 75kW



Katalogový list LNG nádrží od firmy MVE

MVE LNG Systems

(Liquid Natural Gas)



119 Gallon Fuel
System with
Shroud Option

On-Board Fuel System



Design Criteria:

MVE designers will customize an on-board fuel system to meet your fleet vehicle needs. All MVE's vehicle fuel tanks are designed, constructed and tested in accordance with ATA and NFPA standards.

System Features:

Lightweight Stainless Steel Construction. Provides the ultimate in durability and corrosion resistance.

Vacuum and Non-Combustible Super Insulation. Ensures long stand-by times.

Automatic Pressure Control. Economizer regulator maintains the system working pressure to prevent venting.

Patented Overfill Protection. Guarantees complete and accurate fills.

Manual Fuel And Vent Valves. Provides fuel system isolation and depressurization capabilities for maintenance.

Excess Flow Valve. Safeguards against fuel releases in the event of a fuel line break.

Dual Relief Valves. Each with it's own separate relief path to assure overpressure protection.

Electronic Fuel Contents Gauge. Accurately displays fuel level on a standard dash mounted fuel gauge.

LNG Vaporizer. Utilizes engine coolant to convert LNG from liquid to vapor.

Typical Specifications



Gallons	17	24	41	63	72	97	119
DIM	IN/MM	IN/MM	IN/MM	IN/MM	IN/MM	IN/MM	IN/MM
Diameter	16/405	16/405	20/508	24/610	24/610	24/610	26/600
Length	32/810	42/1065	48/1805	50/1270	57/1450	72/1450	76/1930
CAPACITY	GAL/LTR	GAL/LTR	GAL/LTR	GAL/LTR	GAL/LTR	GAL/LTR	GAL/LTR
Net	15/55	21/70	37/140	57/215	65/245	88/335	108/410
Gross	16/60	24/90	41/155	63/240	73/275	97/365	120/450
WEIGHT	LBS/KG	LBS/KG	LBS/KG	LBS/KG	LBS/KG	LBS/KG	LBS/KG
Empty	100/45	125/55	225/102	275/125	320/145	440/200	505/230
Full	150/70	200/90	350/160	475/215	550/250	750/340	885/400

*Full weight calculations are based on 3.5 lb./gal (.42 kg/liter) density LNG.

All HLNG models have the following specifications in common.

Shrouded Plumbing Cabinets.....(20" And Up)

Inner and Outer Vessels.....304 Stainless Steel

Plumbing Components.....Stainless Steel & Brass

Maximum Allowable Working Pressure (MAWP).....230 psi

Operating Pressure Range.....Factory Set @ 25 - 200 psi

Optional Accessories:

- Final Line Fuel Pressure Regulator
- Manual Or Automatic Fuel Shutoff Valve
- Shrouded Plumbing (20" dia and up)



MVE, Inc., 3505 County Road 42 West, Burnsville, MN 55306
 Phone: (612) 882-5000 (Worldwide) - (888) 877-3093 (Toll Free)
 Fax: (612) 882-5188

PN 10834738 5/98

Příloha 3

Materiálový list oceli 11523.1



11 523.1 (nelegovaná konstrukční ocel)

Porovnání se zahraničním materiálem

ČR	W.-Nr.	ISO	EURO	USA	BS	JIS
11 523	1.0570	Fe510	Fe510	Gr. 15180	50/35HR	SKD6
ČSN 41 1523		ISO 630-80	EN 10025-90			

Chemické složení

Jakost	C	Si	Mn	P	S	N
11 523	0,2	0,55	1,6	0,04	0,04	0,009

Tepelné zpracování

normalizační žihání	870-900°C	ochlazovat na vzduchu
žihání na měkko	680-710°C	zvolna ochlazovat
žihání ke snížení pnutí	600-650°C	zvolna ochlazovat
popouštění	670-700°C	ochlazovat na vzduchu
tvářitelnost	800-1150°C	třída tvářitelnosti za tepla 1

Mechanické vlastnosti

mez pevnosti Rm (MPa)	450-630
mez kluzu ReH (MPa) min	275

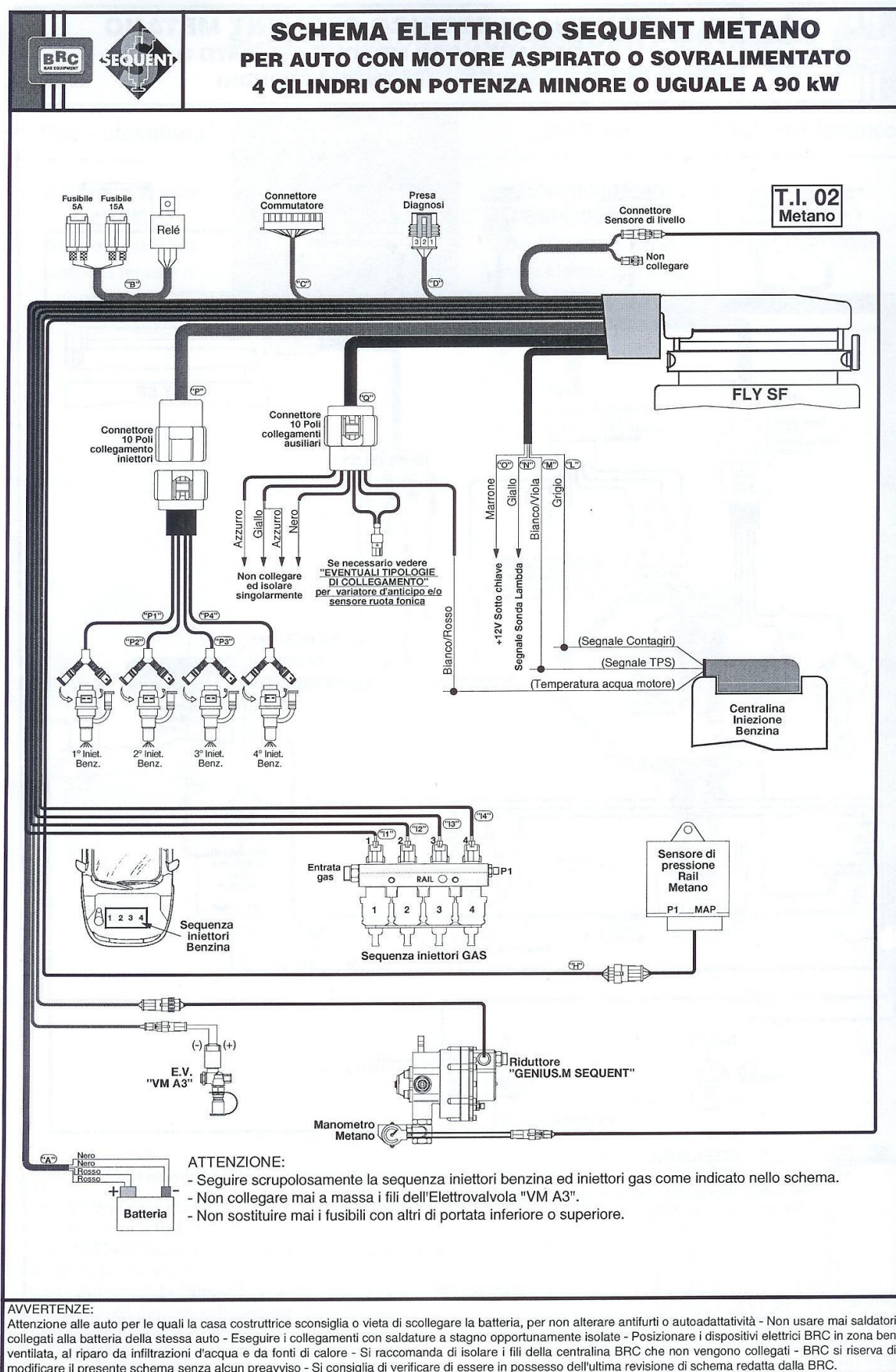
Doporučený přídatný materiál na svařování

el. obloukem ručně	E-B 121
---------------------------	---------



Lentus, spol. s r. o.
Svobodín 31
294 04 Dolní Bousov
tel. fax: 326 396 609

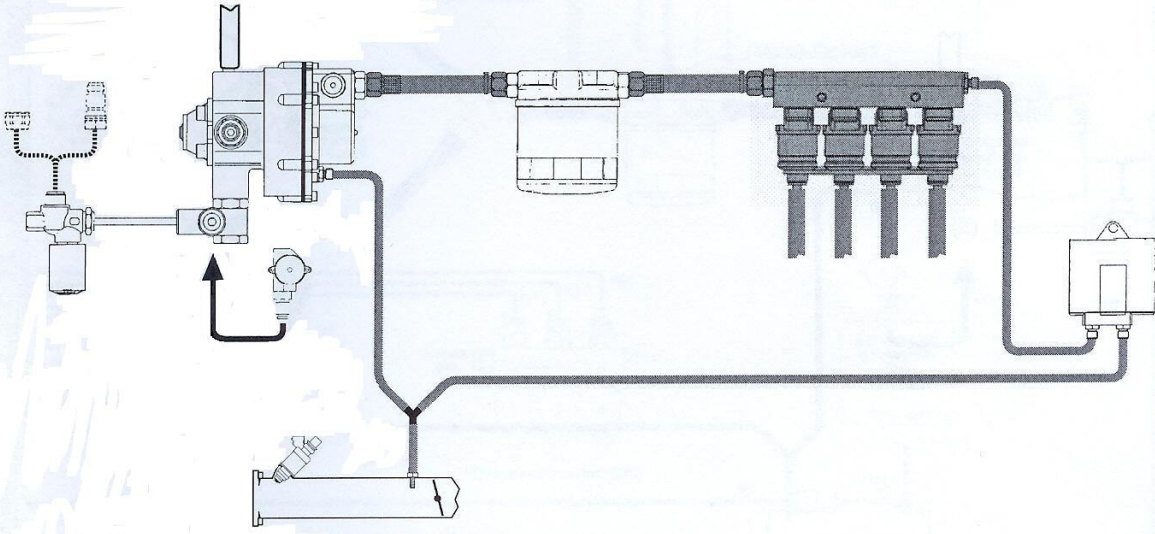
Firma provádí nákup, opracování za výhodnou cenu a prodej nástrojové, ušlechtilé, rychlořezné, vysoce legované, cementační, pevnostní, konstrukční a kované oceli, určené v obrobeném broušeném stavu pro výrobu nástrojů, forem, raznic, přípravků a strojních dílů.

Příloha 4 – Elektrické schéma zapojení plynového příslušenství BRC



Příloha 5 – Mechanické schéma zapojení plynového příslušenství BRC

 		SCHEMA MECCANICO SEQUENT METANO SU AUTOVETTURE A 4 CILINDRI		S.M. 2 Metano
Tipo Autovettura	Kit Standard	Kit Base	Schema Elettrico	
4 Cilindri Aspirato o Sovralimentato potenza minore o uguale a 90 kW	09SQ00001007	09SM00000004 o 09SM00000054 Genius.M 2500 mbar Valvola Metano "VM A3-E" Sensore MAP-P1 2,5-4 bar	T.I. 02 Metano	



Note:

- I kit **09SM00000004** contengono entrambi al proprio interno il tubo rame ricoperto $\varnothing 6 \times 4$.
- I kit **09SM00000054** contengono entrambi al proprio interno il tubo acciaio ricoperto $\varnothing 6 \times 4$.
- Acquistare a parte l'innesto di carica metano o il tappo otturatore (codice PR904803) indicati in figura con un tratteggio.

